

VŠB – Technická univerzita Ostrava
Fakulta strojní
Institut dopravy

Brzdové systémy automobilov a meranie ich parametrov

**Automobile Brake Systems and Measuring of Their
Parameters**

Študent:

Vladimír Ferianc

Vedúci bakalárskej práce:

Ing. Michal Richtář

Ostrava 2013

VŠB - Technická univerzita Ostrava
Fakulta strojní
Institut dopravy

Zadání bakalářské práce

Student:

Vladimír Ferianc

Studijní program:

B2341 Strojírenství

Studijní obor:

2301R003 Dopravní technika a technologie

Téma:

Brzdové systémy automobilů a měření jejich parametrů
Automobile Brake Systems and Measuring of Their Parameters

Zásady pro vypracování:

1. Úvod
2. Teoretický rozbor, legislativní požadavky, brzdění
3. Návrh experimentu a metodika měření
4. Vyhodnocení experimentu
5. Zhodnocení a doporučení
6. Závěr

Seznam doporučené odborné literatury:

Matějka, R. Vozidla silniční dopravy I. Bratislava: 1990. ISBN 80-05-00392-7
Matějka, R. Vozidla silniční dopravy II. Bratislava: 1990. ISBN 80-7100-074-4
Vlk, F.: Zkoušení a diagnostika motorových vozidel. Brno: Vlk. 2001
Vlk, F. Motorová vozidla I, Brno: VUT Brno. 1989. ISBN 80-214-0038-2

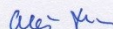
Formální náležitosti a rozsah bakalářské práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.


Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Michal Richtář**

Datum zadání: 14.12.2012

Datum odevzdání: 20.05.2013



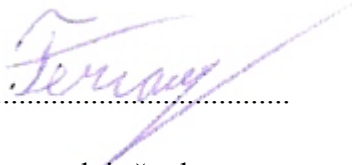

doc. Ing. Aleš Slíva, Ph.D.
vedoucí katedry


doc. Ing. Ivo Hlavatý, Ph.D.
děkan fakulty

Miestoprísazné prehlásenie študenta

Prehlasujem, že som celú bakalársku prácu vrátane príloh vypracoval samostatne, pod vedením vedúceho bakalárskej práce a uviedol som všetky použité podklady a literatúru.

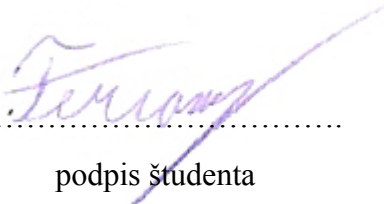
V Ostrave20.5. 2013....


.....
podpis študenta

Prehlasujem, že

- som bol oboznámený s tým, že na moju bakalársku prácu sa plne vzťahuje zákon č. 121/2000 Z.z.(ČR) - autorský zákon, najmä §35 - použitie diela v rámci občianskych a náboženských obradov, v rámci školských predstavení a použitie diela školského a §60 - školské dielo.
- beriem na vedomie, že Vysoká škola banská - Technická univerzita Ostrava (ďalej len VŠB - TUO) má právo nezárobkovo k svojej vnútornej potrebe bakalársku prácu použiť (§35 ods. 3).
- súhlasím s tým, že jeden výtlačok bakalárskej práce bude uložený v Ústrednej knižnici. VŠB-TUO k prezenčnému nahliadnutiu a jeden výtlačok bude uložený u vedúceho bakalárskej práce. Súhlasím s tým, že údaje o bakalárskej práci budú zverejnené v informačnom systéme VŠB-TUO.
- bolo dohodnuté, že s VŠB - TUO, v prípade záujmu z jej strany, uzavriem licenčnú zmluvu s oprávnením použiť dielo v rozsahu §12 ods. 4 autorského zákona.
- bolo dohodnuté, že použiť svoje dielo - bakalársku prácu alebo poskytnúť licenciu k inému využitiu môžem len zo súhlasom VŠB-TUO, ktorá je oprávnená v takom prípade od mňa požadovať primeraný príspevok na úhradu nákladov, ktoré boli VŠB-TUO na vytvorenie diela vynaložené (až do ich skutočnej výšky).
- beriem na vedomie, že odovzdaním svojej práce súhlasím so zverejnením svojej práce podľa zákona č. 111/1998 Z.z. (ČR), o verejných školách a o zmene a doplnení ďalších zákonov (zákon o vysokých školách), v znení neskorších predpisov, bez ohľadu na výsledok jej obhajoby.

V Ostrave ...20.5. 2013...


.....
podpis študenta

Adresa trvalého pobytu :

Vladimír Ferianc

Oščadnica 1585

023 01

Slovenská republika

Obsah

| | |
|--|----|
| 1 Úvod | 9 |
| 2 Teória pohybu vozidla | 10 |
| 2.1 Jazdné odpory | 10 |
| 2.1.1 Odpor valenia | 10 |
| 2.1.2 Odpor stúpania | 10 |
| 2.1.3 Odpor vzduchu | 11 |
| 2.1.4 Odpor zotrvačnosti | 11 |
| 2.1.5 Odpor ťahu | 12 |
| 2.2 Pohyb vozidla | 12 |
| 2.2.1 Pohybová rovnica vozidla | 12 |
| 2.2.2 Pohybová rovnica brzdeného vozidla | 12 |
| 2.2.3 Dynamické zaťažovanie pri brzdení | 12 |
| 2.3 Brzdenie | 13 |
| 2.3.1 Brzdná dráha | 13 |
| 2.3.2 Pribeh brzdenia | 14 |
| 2.3.3 Brzdenie jazdných súprav | 15 |
| 3 Brzdy a brzdivé systémy | 15 |
| 3.1 Rozdelenie brzd | 15 |
| 3.1.1 Rozdelenie podľa účelu | 15 |
| 3.1.2 Rozdelenie podľa prenosu sily | 16 |
| 3.1.3 Rozdelenie podľa počtu okruhov | 17 |
| 3.2 Konštrukcia brzd | 18 |
| 3.2.1 Bubnové brzdy | 18 |
| 3.2.2 Kotúčové brzdy | 21 |
| 3.2.3 Hlavný brzdivý valec | 24 |
| 3.2.4 Deliče brzdných síl | 24 |
| 3.2.5 Brzdivé médium | 24 |
| 3.3 Odľahčovacia brzdivá sústava | 25 |

| | |
|---|----|
| 3.3.1 Retardér | 25 |
| 3.3.2 Motorová brzda | 26 |
| 3.4 Elektronické brzdové systémy | 27 |
| 4 ABS | 28 |
| 4.1 História | 28 |
| 4.2 Hlavné časti ABS | 28 |
| 4.3 Požiadavky na systém ABS | 30 |
| 4.4 Princíp činnosti | 30 |
| 4.5 Rozširujúce systémy | 31 |
| 5 Skúšanie a diagnostika brzdových sústav | 31 |
| 5.1 Jazdné skúšky | 31 |
| 5.2 Skúšky na stacionárnom zariadení | 33 |
| 6 Legislatíva | 34 |
| 7 Návrh experimentu a metodika merania | 37 |
| 7.1 Charakteristiky testovaných vozidiel | 37 |
| 7.1.1 Citroën Xantia | 37 |
| 7.1.2 Volkswagen Passat | 38 |
| 7.1.3 Citroën Xsara | 39 |
| 7.2 Technický stav vozidiel | 39 |
| 7.3 Charakteristika podmienok merania | 40 |
| 7.4 Popis merania | 41 |
| 7.5 Počiatočný predpoklad | 42 |
| 7.6 Namerané hodnoty | 42 |
| 7.7 Grafické znázornenie výsledkov | 46 |
| 8 Vyhodnotenie experimentu | 48 |
| 9 Záver a odporúčanie | 50 |
| Prehľad použitej literatúry | 51 |
| Použité internetové zdroje | 52 |
| Podakovanie | 53 |

Zoznam použitých skratiek

| | | | |
|------|---|--|-----------------------------------|
| tzv. | - | takzvaný | |
| SR | - | Slovenská republika | |
| LHM | - | druh hydraulického oleja | |
| DOT | - | medzinárodná norma | |
| ISO | - | medzinárodná norma | |
| EPG | - | elektronicky riadená výfuková brzda | |
| D16 | - | druh dieselového motora firmy Volvo | |
| EHK | - | Európska hospodárska komisia | |
| OSN | - | organizácia spojených národov | |
| TDI | - | turbodiesel | |
| 2.0 | - | motor s kategorickým obsahom 2dm ³ l | |
| 1.8i | - | benzínový motor s kategorickým obsahom 1,8 dm ³ | |
| 1.4i | - | benzínový motor s kategorickým obsahom 1,4 dm ³ | |
| EC | - | Európska trieda štandardu | |
| BMW | - | Bayerische motoren werke | |
| GPS | - | (global positioning system) | satelitný navigačný systém |
| ABS | - | (anti-lock braking system) | protiblokovací systém |
| ASR | - | (acceleration slip regulation) | protipreklzový systém |
| ESP | - | (electronic stability program) | elektronický stabilizačný systém |
| BAS | - | (brake assistant system) | brzdový asistent |
| EBP | - | (elektronic brake prefill) | redukcia oneskorenia nábehu brzdy |
| HHC | - | (hill hold control) | riadenie rozjazdu do kopca |
| BDW | - | (brake disc wiping) | vysušovanie brzdových kotúčov |

Abstrakt

FERIANC, V. Brzdové systémy automobilov a meranie ich parametrov : bakalárska práca. Ostrava : VŠB – Technická univerzita Ostrava, Fakulta strojná, Institut dopravy, 2013, 52 s. Vedúci práce : Ing. Richtář, M.

Bakalárska práca sa zaoberá brzdami a brzdovými systémami automobilov. V úvodnej časti je popísaná funkcia, princíp činnosti a konštrukcia brzd a brzdových systémov. Na základe získaných znalostí je navrhnutý experiment zameraný na posúdenie brzdnych dráh automobilov za nepriaznivých externých podmienok. Cieľom experimentu je zhodnotiť vplyv brzdového systému ABS na dĺžku brzdnej dráhy. Z výsledných hodnôt meraní sú vytvorené grafy, ktoré názorne zobrazujú priebeh brzdnych dráh vzhľadom k činnosti protiblokovacieho systému.

Kľúčové slová: brzdy, protiblokovací systém, brzdna dráha.

Abstract

FERIANC, V. Automobile Brake Systems and Measuring of Their Parameters: Bachelor Thesis. Ostrava: VŠB – Technical University of Ostrava, Faculty of Mechanical Engineering, Institute of Transport, 2013, 52 pages. Thesis head: Ing. Richtář, M.

This Bachelor thesis focuses on the brakes and brake systems of automobiles.

In introduction the function, principles of action and structure of the brakes and brake systems are described. On the basis of acquired knowledge, there is proposed an experiment which is aimed to examine the stopping distance of automobiles during the adverse driving conditions. The aim of the experiment is to sum up the influence of additional brake system ABS in length of braking distance. From the final measurement values, graphs which represent continuance of braking distances are derived in respect of action of anti-lock braking system.

Keywords: brakes, anti-lock braking system, braking distance

1 Úvod

V súčasnej dobe, kedy sa kladie dôraz na zvyšovanie výkonnosti automobilov a tým aj zvyšovanie rýchlosti premávky je potrebné vyvíjať prvky aktívnej, ale aj pasívnej bezpečnosti. Najdôležitejším prvkom aktívnej bezpečnosti sú brzdy, ktorých úlohou je efektívne spomaliť alebo úplne zastaviť vozidlo z akejkoľvek počiatočnej rýchlosti. Keďže rýchlosť významnou mierou ovplyvňuje závažnosť dopravných nehôd a často rozhoduje, či účastníci nehody vôbec prežijú, je nutné vyvíjať brzdy a brzdové systémy. Vývoj sa značne zrýchlil nástupom elektronických systémov a používaním nových materiálov. Úlohou niektorých dnes používaných systémov nie je len skrátiť brzdnu dráhu, ale hlavne zabezpečiť stabilitu a ovládateľnosť vozidla. A preto som sa rozhodol využiť jeden z pomocných systémov pre vytvorenie bakalárskej práce.

Cieľom tejto práce je zistiť a porovnať brzdné dráhy pri prudkom brzdení za nepriaznivých externých podmienok a zhodnotiť vplyv brzdového systému ABS na dĺžku brzdnej dráhy. Experiment bude vykonaný s použitím troch rôznych vozidiel a to Volkswagen Passat 2.0 TDI, Citroën Xantia 1.8i, Citroën Xsara 1.4i. Pre účel experimentu budú vykonané merania brzdnych dráh v dvoch variantoch. So zapnutým systémom ABS a s vypnutým systémom ABS a to s vopred stanovených počiatočných rýchlostiach. V závere tejto práce vyhodnotím namerané hodnoty a porovnáam jednotlivé brzdne dráhy.

2 Teória pohybu vozidla

2.1 Jazdné odpory

Proti hnacej sile na kolesách pôsobia jazdné odpory vozidla. Odpory pôsobiace proti smeru pohybu vozidla budeme považovať za kladné. Za určitých podmienok môžu odpory nadobúdať aj hodnotu opačného zmyslu a stávajú sa z nich hnacie sily.

2.1.1 Odpor valenia

Odpor valenia O_f je rovný súčtu odporov valenia všetkých kolies vozidla, ktoré je možné vyjadriť ako súčin reakcie kolesa F_{zi} a súčiniteľa odporu valenia jednotlivých kolies f . Ak uvažujeme pre všetky kolesa súčiniteľ odporu valenia rovnaký, platí nasledovný vzťah:

$$O_f = \sum O_{fi} = \sum F_{zi} \cdot f = G \cdot f \text{ [N]} \quad (1)$$

Kde G je váha vozidla násobená gravitačným zrýchlením ($G = m \cdot g$)

Pre obecný prípad pohybu vozidla po naklonenej rovine so sklonom α sa tiaž rozloží do dvoch zložiek. Do zložky kolmej k vozovke a do zložky rovnobežnej s vozovkou, potom platí:

$$O_f = G \cdot \cos \alpha \cdot f \text{ [N]} \quad (2)$$

2.1.2 Odpor stúpania

Odpor stúpania O_s pôsobí v ťažisku vozidla. Pri pohybe vozidla po naklonenej rovine so sklonom α sa tiaž vozidla rozkladá do dvoch zložiek. Odpor stúpania je totožný so zložkou, ktorá je rovnobežná s vozovkou a následne platí: $O_s = G \cdot \sin \alpha \text{ [N]}$ (3)

Stúpanie pozemných komunikácií sa udáva v percentách (napríklad 10%). Je to tangenta uhlu α ($t_g \alpha = 0,10$), ale pre výpočty je potrebné najprv zo stúpania v percentách určiť uhol α v stupňoch. Pre malé stúpania do 10% je možné použiť zjednodušenie $\sin \alpha = t_g \alpha$. Z čoho vyplýva vzťah, v ktorom je s hodnota stúpania v percentách:

$$O_s = G \cdot \sin \alpha = G \cdot t_g \alpha = G \cdot \frac{s}{100} \text{ [N]} \quad (4)$$

2.1.3 Odpor vzduchu

Odpor vzduchu O_v je spôsobený aerodynamickými silami pôsobiacimi na vozidlo. Vzduch prúdiaci okolo vozidla vytvára straty, ktoré sú spôsobené trecími a tlakovými zložkami odporu. Trecia zložka je závislá na rýchlosti a rozmeroch, a vzniká v povrchovej vrstve styku s obtekanou časťou. Tlaková zložka tvorí podstatnú časť strát, a je závislá na tvare obtekanej časti. Tieto odpory sú úmerné dynamickému tlaku $p_d[\text{Pa}]$, čelnej ploche $S[\text{m}^2]$, súčiniteľu odporu vzduchu c_x (hodnota c_x sa zisťuje experimentálne).

$$O_v = p_d \cdot c_x \cdot S = \left(\frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v^2\right) \cdot c_x \cdot S_x \quad [\text{N}] \quad (5)$$

Kde $\rho \left[\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}\right]$ je hustota vzduchu, a $v \left[\frac{\text{m}}{\text{s}}\right]$ je relatívna rýchlosť vzduchu a vozidla

2.1.4 Odpor zotrvačnosti

Odpor zotrvačnosti O_a pôsobí proti smeru zrýchlenia (spomalenia) vozidla a má dve zložky. Odpor zotrvačnosti posúvajúcich hmôt O_{ap} a odpor zotrvačnosti rotujúcich hmôt O_{ar} . Odpor zotrvačnosti, ktorý pri zrýchlení kladú posuvné hmoty je daný vzťahom, kde a je zrýchlenie vozidla:

$$O_{ap} = \frac{G}{g} \cdot a = m \cdot a \quad [\text{N}] \quad (6)$$

A odpor zotrvačnosti rotujúcich hmôt, ktorý pri zrýchlení kladú rotujúce časti priamo závislé na pohybe, je daný vzťahom, kde I je moment zotrvačnosti týchto častí:

$$O_{ar} = \frac{I \cdot a}{r^2} \quad [\text{N}] \quad (7)$$

A platí, že výsledný odpor zotrvačnosti je súčtom oboch zložiek. Ale keďže zistenie odporu zotrvačnosti rotujúcich hmôt je veľmi obtiažne, najčastejšie sa odpor zotrvačnosti prezentuje s pomocou súčiniteľa vplyvu rotačných hmôt.

$$O_a = m \cdot a \cdot \delta \quad [\text{N}] \quad (8)$$

Súčiniteľ vplyvu rotačných hmôt δ je vždy kladný a jeho hodnota väčšia ako jedna, najčastejšie uvažujeme s hodnotou $1,05 \div 1,25$.

2.1.5 Odpor ťahu

Odpor ťahu O_t je sila, ktorou pôsobí prípojné vozidlo na hnacie vozidlo. S odporom ťahu počítame predovšetkým u ťahačov prívosov. U bežných osobných automobilov obvykle hnacie a prípojné vozidlo uvažujeme ako celok a spravidla zanedbávame vplyv rotujúcich hmôt prípojného vozidla. Odpor ťahu je rovný súčtu odporov ťahaného vozidla:

$$O_t = O_{ft} + O_{at} + O_{vt} + O_{at} \quad [N] \quad (9)$$

2.2 Pohyb vozidla

2.2.1 Pohybová rovnica vozidla

Výsledná sila F je závislá na veľkosti jednotlivých odporov. Obecne pre jazdu samostatne idúceho vozidla potom platí, že výsledná sila je rovná súčtu jednotlivých odporov:

$$F = O_f + O_s + O_v + O_a \quad [N] \quad (10)$$

$$F = G \cdot \cos \alpha \cdot f + G \cdot \sin \alpha + c_x \cdot S_x \cdot \frac{\rho}{2} \cdot v^2 + m \cdot a \cdot \delta \quad [N] \quad (11)$$

2.2.2 Pohybová rovnica brzdeného vozidla

Sila vyvolaná vlastnými brzdami vozidla F_b , ktorá je súčtom brzdných síl na jednotlivých kolesách, pôsobí v styku kolesa s vozovkou. Jej veľkosť je obmedzená adhéziou μ .

$$F = F_b + O_f + O_s + O_v + O_a \quad [N] \quad (12)$$

$$F = G \cdot \mu + G \cdot \cos \alpha \cdot f + G \cdot \sin \alpha + c_x \cdot S_x \cdot \frac{\rho}{2} \cdot v^2 + m \cdot a \cdot \delta \quad [N] \quad (13)$$

2.2.3 Dynamické zaťažovanie pri brzdení

Pri brzdení vyvoláva odpor zotrvačnosti, pôsobiaci v ťažisku vozidla moment, ktorý spôsobuje prídavné zaťaženie prednej nápravy a odl'ahčenie zadnej nápravy. Pre jednoduchšie vysvetlenie dynamického zaťažovania náprav, budeme uvažovať len s odporom zotrvačnosti a brzdou silou. Ostatné odpory zanedbáme.

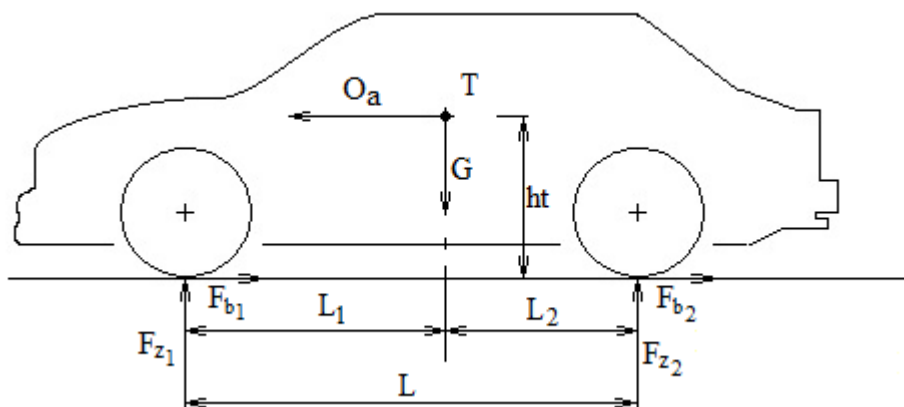
Pre radiálne reakcie na nápravách platia z rovnováhy momentov tieto vzťahy:

$$F_{z1} \cdot L - m \cdot a \cdot ht - G \cdot L_2 = 0 \quad (14)$$

$$F_{z1} = \frac{m \cdot a \cdot ht + G \cdot L_2}{L} \quad [N] \quad (15)$$

$$F_{z2} \cdot L + m \cdot a \cdot ht - G \cdot L_1 = 0 \quad (16)$$

$$F_{z2} = \frac{G \cdot L_1 - m \cdot a \cdot ht}{L} \quad [N] \quad (17)$$



Obr. 1 Zaťažovanie náprav pri brzdení [1]

Potom pre brzdné sily platí:

$$F_{b1} = F_{z1} \cdot \mu \quad [N] \quad a \quad F_{b2} = F_{z2} \cdot \mu \quad [N] \quad (18)$$

Z daných vzťahov vyplýva, že poloha ťažiska a vzdialenosť medzi nápravami významne ovplyvňuje dynamické zaťaženie náprav pri brzdení. Za bežných prevádzkových podmienok, prakticky nikdy nedosiahneme rovnomerné zaťaženie náprav. Bežne dokonca ani zaťaženie jednotlivých kolies nie je konštantné, ale dynamicky sa mení vplyvom vodiča, brzdovej sústavy alebo nerovnosti vozovky a dynamické pochody sú potom omnoho zložitejšie. [1]

2.3 Brzdenie

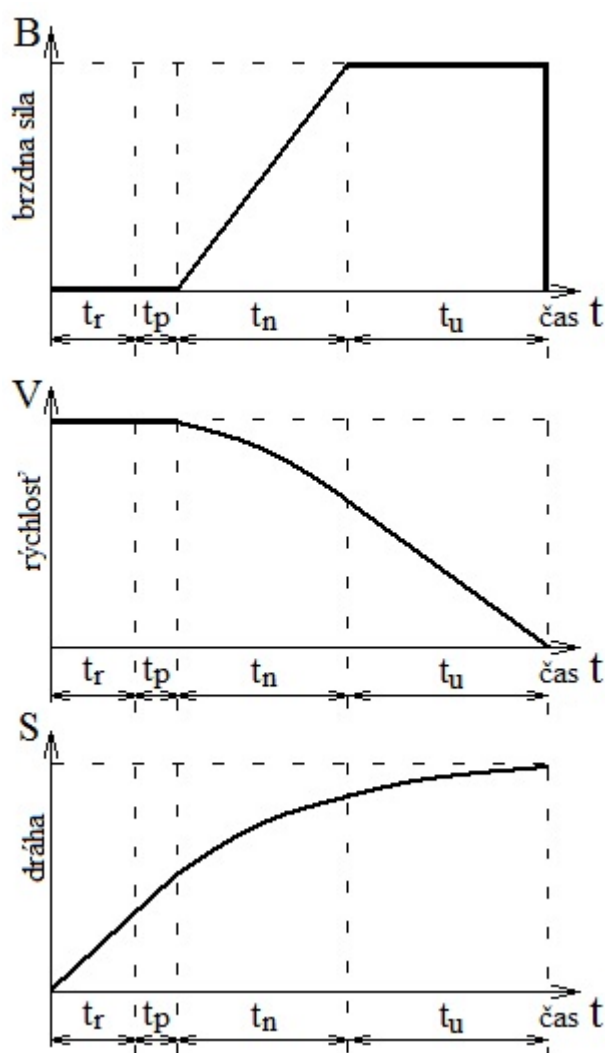
2.3.1 Brzdná dráha

Brzdná dráha je vzdialenosť, ktorú vozidlo idúce určitou rýchlosťou prejde pri brzdení až do zastavenia. Jedná sa o faktor, ktorý zohráva dôležitú úlohu pri krízových situáciách a dopravných nehodách. Brzdná dráha sa mení v závislosti od hmotnosti a rýchlosti vozidla, technického stavu vozidla, poveternostných podmienok a povahy vozovky. Všeobecne sa brzdná dráha skladá z dvoch hlavných častí: reakčnej dráhy a vlastnej brzdnaj dráhy. Reakčná dráha je vzdialenosť, ktorú vozidlo prejde od okamihu, keď vodič vedúci vozidlo rozpozná a vyhodnotí situáciu až po začiatok pôsobenia na ovládacie ústrojenstvo brzdy.

Najčastejšie ide o stlačenie brzdového pedála. Táto dráha je závislá len na schopnostiach a rýchlosti reakcie vodiča, a je individuálna. Spravidla sa pohybuje medzi 0,5÷1 sekundou. Druhou hlavnou časťou je vlastná brzdná dráha, ktorá sa skladá z troch častí: oneskorenie reakcie brzdy, nábeh brzdy a samotné brzdenie. Jednotlivé časti sa najčastejšie popisujú grafickým priebehom brzdenia. [2]

2.3.2 Priebeh brzdenia

Priebeh brzdenia je znázornený na troch diagramoch, ktoré sú vynášané v závislosti na



Obr. 2 Priebeh brzdenia v závislosti na čase [2]

čase. Reakčný čas vodiča predstavuje časový úsek t_r .

Medzi okamihom, kedy vodič začne pôsobiť na brzdový pedál a okamihom, kedy sa začne prejavovať účinok brzdenia uplynie čas oneskorenia reakcie brzdy t_p . Toto oneskorenie je spôsobené vlastným mechanizmom brzdy, kedy sa musia prekonať vôle v kĺboch, ložiskách a brzdne obloženie musí dosadnúť na treciu plochu brzdy. Priemerná hodnota sa pohybuje od 0,05s u bŕzd kvapalinových až po 0,15s u bŕzd pneumatických. Od okamihu, kedy sa začne prejavovať účinok brzdenia, až do okamihu kedy dosiahne stanovenú maximálnu hodnotu, uplynie čas nábehu brzdy t_n . Priemerná hodnota sa pohybuje od

0,1s u bŕzd kvapalinových až po 0,2s u bŕzd pneumatických. Po dosiahnutí stanoveného maximálneho brzdneho

účinku začne plynúť čas úplného spomalenia t_u , ktorý končí v momente zastavenia vozidla. Súčtom jednotlivých časov dostaneme čas potrebný k zastaveniu vozidla. [2]

2.3.3 Brzdenie jazdných súprav

Brzdenie jazdných súprav, je oproti brzdeniu samostatne idúceho vozidla zložitejšie. Je to dané tým, že sa jedná o brzdenie dvoch (alebo viacerých) spojených vozidiel, ktorých brzdy sú spoločne ovládané. Prípadne je prípojné vozidlo nebrzdené.

Je potrebné zabezpečiť, aby pomerné spomalenie oboch vozidiel bolo rovnako veľké. Keďže hmotnosť oboch vozidiel sa mení vplyvom zaťaženia, je nutná dynamická zmena brzdných síl vzhľadom k okamžitému zaťaženiu vozidiel. Preto je nutná proporcionálna závislosť medzi vozidlami. Ak dôjde k nedodržaniu tejto závislosti a pomerné spomalenie vozidiel bude rozdielne, potom medzi vozidlami vznikne prídavná vodorovná sila. Ak bude príves (náves) menej brzdený ako ťahač, potom bude prídavná sila tlačiť ťahač a v zákrute má takáto súprava sklon k veľmi nebezpečnému tzv. „zlomeniu súpravy“. V opačnom prípade, kedy bude ťahač brzdený menej ako príves (náves), je narušenie stability smeru jazdy menšie. Dochádza k zhoršenej ovládateľnosti vozidla vplyvom odľahčenia riadiacej nápravy, ale nedochádza k „zlomeniu súpravy“. [1]

3 Brzdy a brzdové sústavy

Z hľadiska bezpečnosti sú brzdy najdôležitejšou časťou vozidla. Brzdový systém vozidla má za úlohu bezpečne a spoľahlivo spomaliť alebo zastaviť vozidlo. Popri znížení rýchlosti má brzdový systém zabezpečiť vozidlo proti pohybu a to aj pri neprítomnosti vodiča. Motorové vozidlo musí byť vybavené najmenej dvoma na sebe nezávislými brzdami. [12]

3.1 Rozdelenie brzd

3.1.1 Rozdelenie podľa účelu

Prevádzková brzdová sústava

Prevádzková brzda slúži na zníženie rýchlosti vozidla prípadne jeho úplné zastavenie a je používaná v bežnej prevádzke pri všetkých režimoch jazdy. Je spravidla ovládaná nohou a pôsobí na všetky kolesá vozidla.

Parkovacia brzdová sústava

Zabraňuje samovoľnému pohybu stojaceho vozidla na vozovke so sklonom aj bez prítomnosti vodiča. Ako mechanické prepojenie medzi brzdou a ovládacím prvkom sú najčastejšie používané lanka alebo tyče.

Núdzová brzdová sústava

Núdzová brzda musí byť schopná pri zlyhaní prevádzkovej brzdy aspoň čiastočne nahradiť jej funkciu, aj keď s menším brzdovým účinkom. Musí pôsobiť aspoň na jedno koleso s každej strany vozidla. Ako núdzovú brzdú je možné použiť plynulo odstupňovanú parkovaciú brzdú alebo neporušený okruh dvojokruhovej prevádzkovej brzdy.

Odľahčovacia brzdová sústava

Slúži k udržaniu stálej rýchlosti vozidla alebo znižovaniu rýchlosti podľa potreby. Jej úlohou je vozidlo len spomaliť a nie zastaviť. Hlavne pri dlhodobej jazde z kopca, čím zvyšuje účinok a šetrí prevádzkovú brzdú. Najčastejšia technická realizácia býva motorová brzda alebo retardér. [12]

3.1.2 Rozdelenie podľa prenosu sily

Priamočinné

Brzdná sila je vytváraná vlastnou silou vodiča na pedál alebo páku brzdy a prenášaná buď mechanicky (lanko, tyč) alebo hydraulicky (tzv. kvapalinové brzdy) priamo na brzdú kolesa. Dnes je tento spôsob prenosu sily najviac využívaný u motocyklov.

Priamočinné s posilňovačom

Brzdná sila vytváraná silou vodiča je prostredníctvom posilňovača zosilnená. Zosilnený účinok sa prenáša cez hlavný brzdový valec do brzdových valcov na kolesách. Poznáme dva druhy posilňovačov a to podtlakový a pretlakový. Dnes je tento systém najčastejšie využívaný u osobných a malých úžitkových automobiloch.

Nepriamočinné (strojné)

Sústava so vzduchovým prevodom sily, kde je sila dodávaná aspoň jedným zariadením pre dodávku energie, ovládaná regulovaním množstva stlačeného vzduchu v brzdových okruhoch. Brzdíaci účinok vodič len ovláda. Dnes najčastejšie využívané v nákladných automobiloch a autobusoch. [5]

3.1.3 Rozdelenie podľa počtu okruhov

Jednookruhové

Využíva len jeden brzdový okruh, takže keď dôjde k jeho zlyhaniu, stane sa brzda nefunkčná. Kvôli tejto obrovskej nevýhode sa dnes už prakticky nepoužíva, čo je dané aj legislatívnou požiadavkou na minimálne dvojokruhové prevedenie.

Viacokruhové

Využíva viacero nezávislých okruhov, čo má za následok zvyšovanie hmotnosti vozidla a väčšie výrobné náklady, čo bráni jeho rozšíreniu.

Dvojokruhové Využíva dva na sebe nezávislé okruhy. Pri poruche jedného z okruhov nedochádza k úplnému zlyhaniu brzdy. Dnes najrozšírenejšie prevedenie u väčšiny automobilov. [3]

Dvojokruhové brzdové sústavy môžu mať niekoľko možností usporiadania.

a, Usporiadanie predná - zadná (II)

Toto usporiadanie, pri ktorom jeden okruh pôsobí na brzdy prednej a druhý okruh na brzdy zadnej nápravy sa hodí pre vozidlá s pohonom zadnej nápravy. Rozdelenie brzdovej sily je najčastejšie v pomere 2:1 (predná náprava : zadná náprava) pričom predná náprava je často vybavená účinnejšími brzdami.

b, Usporiadanie diagonálne (X)

U diagonálneho usporiadania tvorí okruh vždy jedno predné koleso a diagonálne umiestnené zadné koleso. Toto prevedenie je vhodné pre vozidlá s pohonom prednej nápravy. Rozdelenie brzdovej sily je v pomere 1:1 (1.okruh : 2.okruh). Obe nápravy sú vybavené rovnako účinnými brzdami.

c, Usporiadanie trojuholníkové (LL)

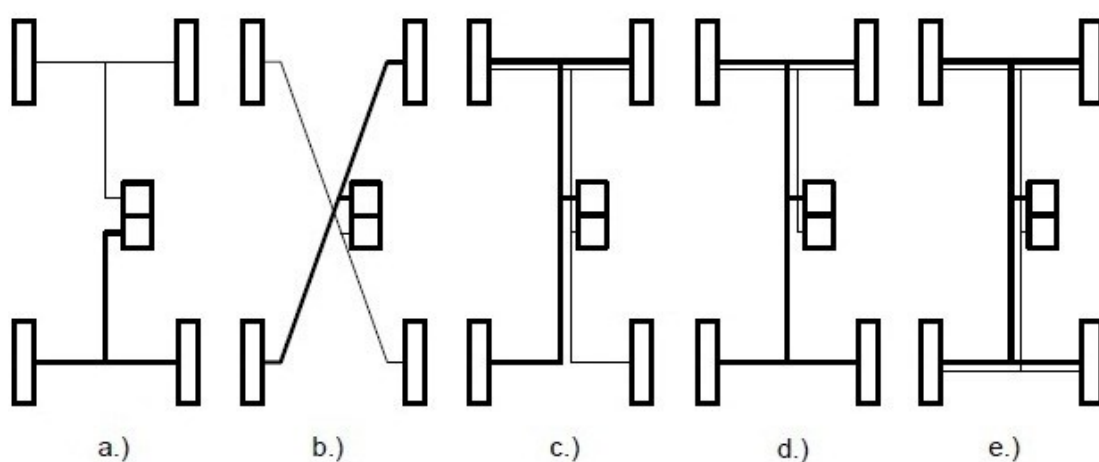
Trojuholníkové usporiadanie sa vyznačuje tým, že oba okruhy pôsobia na prednú nápravu a súčasne každý okruh pôsobí na jedno zadné koleso. Rozdelenie brzdovej sily je v pomere 1:1 (1.okruh : 2.okruh). Predná náprava je vybavená účinnejšími brzdami a zadná náprava menej účinnými brzdami.

d, Usporiadanie štyri-dva (HI)

Jeden okruh pôsobí na prednú aj zadnú nápravu a druhý okruh pôsobí len na prednú nápravu. Na prednej náprave je nutné použitie štvorpiestikových strmeňov kotúčovej brzdy. Toto usporiadanie sa používa len málo.

e, Usporiadanie štyri-štyri (HH)

Oba okruhy pôsobia na prednú aj zadnú nápravu. Toto zapojenie je možné len pri použití štvorpiestikových strmeňoch kotúčovej brzdy na všetkých kolesách, kedy každý okruh pôsobí na každom kolese na jeden pár piestikov. Toto usporiadanie nájdeme len zriedka. [12]



Obr. 3 Schéma zapojení okruhů brzdových systémů [12]

3.2 Konštrukcia brzd

V súčasnosti vyrábané automobily majú brzdy trecie, v ktorých vzniká brzdový moment medzi pohyblivou a statickou časťou brzdy a pohybová energia sa mení na tepelnú energiu. Otáčajúca sa časť brzdy je spojená s nábojom kolesa. Cez toto koleso sa brzdový moment prenáša na vozovku a vytvára brzdnu silu. Vozidlá sú vybavené buď brzdami kotúčovými, tie sa zväčša používajú na kolesách prednej nápravy. Alebo bubnovými brzdami najčastejšie využívané na kolesách zadnej nápravy.

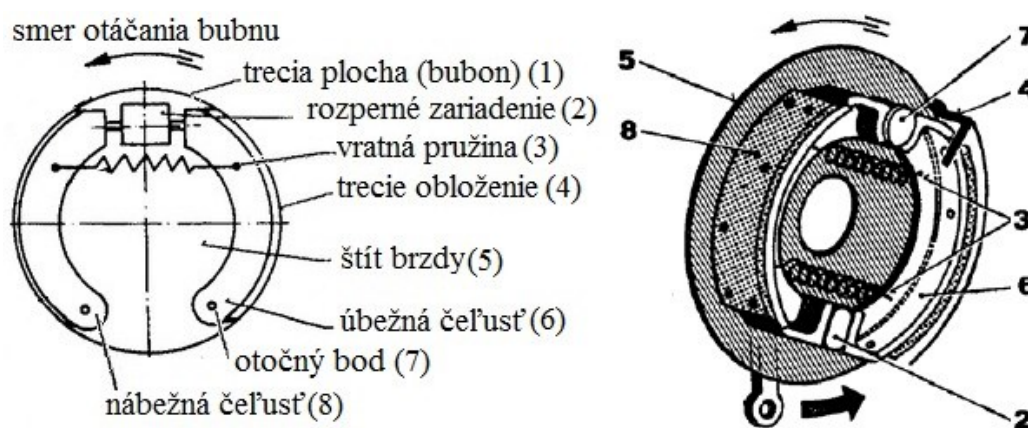
3.2.1 Bubnové brzdy

Bubnové brzdy sú staršie, no stále veľmi rozšírené prevedenie prevádzkových brzd. Používajú sa ako zadné brzdy osobných a ako predné aj zadné brzdy nákladných automobilov a pracovných strojov. Kedy ich hlavnou výhodou je umiestnenie brzdy vo vnútri bubna, kde je chránená proti nečistotám. Umiestnenie brzdy vo vnútri bubna sa

súčasne stáva aj jej veľkou nevýhodou, pretože nie je zabezpečený dostatočný odvod tepla z brzdových elementov. To sa prejavuje pri dlhodobom brzdení, kedy nastáva vplyvom nadmerného tepelného namáhania pokles brzdného účinku. Preto sú nahrádzané brzdami kotúčovými, u ktorých je odvod tepla podstatne efektívnejší.

Bubnové brzdy používané v motorových vozidlách sú trecie s vnútornými brzdovými čeľusťami. Tie sú pritláčané rozperným zariadením na vnútornú valcovú plochu bubna, ktorý je pevne spojený s nábojom kola. Návrat do základnej polohy zabezpečujú vratné pružiny. Prítlačná sila môže byť vytvorená dvoma spôsobmi:

- 1, Hydraulicky- pomocou rozperného valčeka (prevádzková brzda).
- 2, Mechanicky- pomocou rozpernej páky (parkovacia brzda). [6]



Obr. 4 Bubnová brzda [11]

Brzdové čeľuste

Majú tvar **T** a sú zvárané z oceľových plechov, odlievajú sa z liatiny alebo z ľahkých zliatin. Trecie obloženie je k čeľusti prinitované, prilepené alebo výnimočne priskrutkované. Podľa zmyslu rotácie bubna rozoznávame dva typy čeľustí: úbežnú a nábežnú. Nábežná čeľusť vytvára až 2,5-krát väčší trecí moment ako úbežná a vzniká nerovnomerné opotrebovanie jednotlivých obložení.

Brzdový bubon

Najčastejšie je vyrobený zo šedej alebo temperovanej liatiny. Už nie tak často sa používajú dvojmateriálove bubny z ľahkých zliatin a vnútorným liatinovým trecím krúžkom. Bubon musí byť tvarovo a rozmerovo stály, má mať vysokú odolnosť proti oteru a dobrú tepelnú vodivosť materiálu, aby zabezpečil dobrý odvod tepla vzniknutého pri brzdení. Za týmto účelom sú na vonkajšej strane bubna často vytvorené chladiace rebrá.[7]

Bubnové brzdy typu SIMPLEX

Sú konštrukčne jednoduché bubnové brzdy s dvoma čeľusťami a jedným dvojčinným brzdovým valčekom. Čeľuste sú podľa spôsobu uloženia neovládaného konca buď otočné, tie môžu byť ukotvené oddelene alebo so spoločným bodom otáčania. Alebo čeľusti voľné, ktoré sú opreté o opornú plochu alebo sú uložené pomocou výkyvnej vzpery. U otočných čeľustí vzniká nerovnomerné (tzv. „kosákovité“) opotrebenie obloženia čeľustí. V prípade použitia voľne uložených čeľustí je opotrebovanie takmer rovnomerné.

Brzdový valček pôsobí na obe strany a rozpína konce čeľustí proti bubnu. Je jasné, že v tomto prevedení je jedna čeľusť vždy nábežná a druhá úbežná. Táto brzda má v oboch smeroch otáčania bubna rovnakú brzdnu silu. Do tejto konštrukcie je celkom jednoduché integrovať aj parkovaciu brzdú.

Brzdové obloženie podlieha opotrebeniu a tým aj zväčšovaním vôle medzi bubnom a brzdovými čeľusťami. Vôľu je nutné kompenzovať, aby bolo možné zabezpečiť konštantný zdvih piestiku brzdového valčeka. Túto vôľu vymedzuje zariadenie, ktoré je pomenované: **automatické nastavenie**.

Bubnové brzdy typu DUPLEX a DUO-DUPLEX

Modernejšia brzda typu DUPLEX má dva jednočinné brzdové valčeky umiestnené na opačných koncoch čeľuste. Obe čeľuste sú teda nábežné. V doprednom smere rotácie bubna nastáva u oboch čeľustí samoposilňujúci efekt vplyvom samosvornosti. V opačnom smere rotácie je však efekt opačný a nastáva zhoršenie brzdneho účinku.

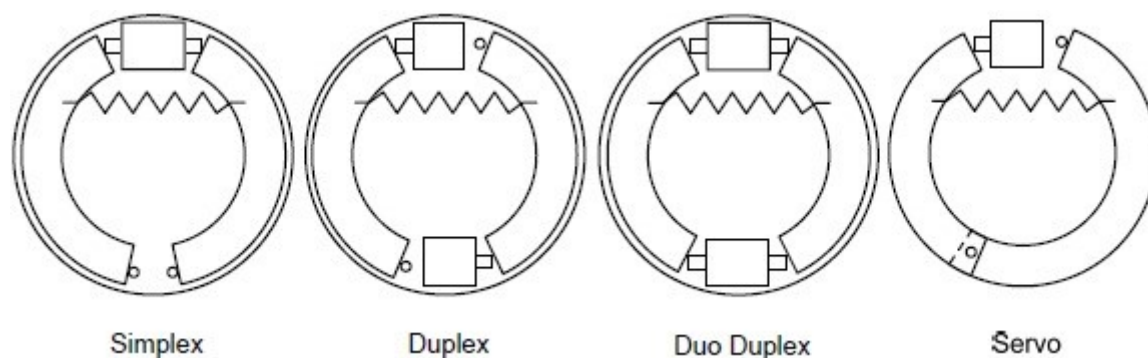
Túto nevýhodu je možné kompenzovať použitím systému DUO-DUPLEX. Kde je rozdiel v tom, že brzdové valčeky sú dvojčinné a v oboch prípadoch nastáva samoposilňujúci efekt. Dosahujú tak v porovnaní s brzdami simplex vyšší pomer obvodovej sily k sile vyvinutej na brzdový valček často nazývaný ako: **vnútorný prevod brzdy**.

Bubnové brzdy typu SERVO

Tieto moderné bubnové brzdy majú najvyšší účinok. Používajú rovnako ako brzdy simplex jeden brzdový valček. Čeľuste však nie sú ukotvené s kotviacou doskou, ale sú navzájom spojené klzným ložiskom. Sila nábežnej čeľuste pôsobí vlastným samoposilňujúcim účinkom na koniec druhej čeľuste, ktorá sa tým rovnako stáva nábežnou, a to

s ešte väčšou pritlačnou silou. V opačnom smere rotácie sa klzné ložisko blokuje a máme k dispozícii rovnaký účinok ako pri brzde simplex.

Brzdu tohto typu je možné ešte vylepšiť použitím dvojčinného brzdového valčeka, kedy dostaneme pri oboch smeroch rotácie rovnaký brzdny účinok. [10]

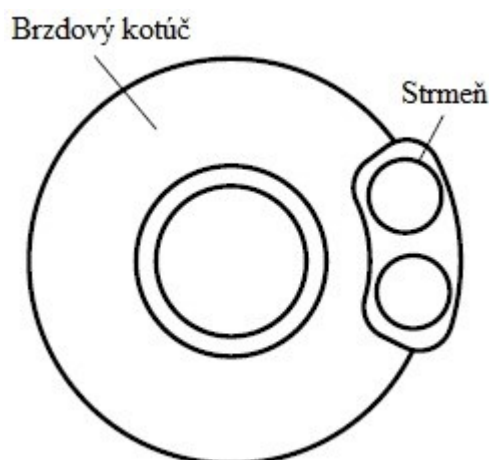


Obr. 5 Typy bubnových brzd [12]

3.2.2 Kotúčové brzdy

Kotúčové brzdy sa v súčasnosti používajú hlavne ako predné aj zadné brzdy osobných automobilov a ako predné brzdy nákladných automobilov. Majú lepšie vlastnosti pri dlhodobom brzdení, kedy vzniká veľké množstvo tepla, ktoré je vďaka lepšiemu chladeniu efektívne odvádzané preč z trecej dvojice. Vplyvom odstredivých síl vzniká samočistiaci účinok od prachu a nečistôt, ktorý je u bubnových brzd len veľmi obtiažny. Ich hlavnou nevýhodou je rýchlejšie opotrebenie trecích segmentov, zložitejšia konštrukcia parkovacej brzdy a v neposlednom rade aj vyššie náklady na výrobu. Tieto nevýhody sú však dostatočne vykompenzované jednoduchosťou výmeny, lepším chladením, nižšou hmotnosťou, vyššou spoľahlivosťou a výkonnosťou. Ich výkon však nie je až tak dôležitý pri zadnej náprave, kedy v dôsledku brzdenia dochádza k jej odľahčeniu. Preto sa stále používajú bubnové brzdy hlavne na zadnej náprave. Pri použití kotúčových brzd na oboch nápravách je nutné použiť delič brzdnych síl.

Kotúčové brzdy sú trecie brzdy s rotujúcou časťou nazvanou brzdový kotúč. Pri brzdení sú na boky brzdového kotúča pritláčané brzdové platničky ktoré spolu s kotúčom tvoria treciu dvojicu. Brzdový kotúč je priamo spojený



Obr. 6 Kotúčová brzda [12]

s kolesom a jeho šírka a priemer sú priamo závislé od požiadaviek, ktoré sú naň kladené. Konštrukčné prevedenie kotúčovej brzdy sa líši v realizácii brzdového strmeňa :

- 1, Kotúčové brzdy s pevným strmeňom
- 2, Kotúčové brzdy s plávajúcim strmeňom

Kotúčové brzdy s pevným strmeňom

Kotúčová brzda s pevným strmeňom môže byť dvojpiestiková, štvorpiestiková alebo šesťpiestiková. Použitie väčšieho počtu piestikov sa nepoužíva. Strmeň brzdy je pevne spojený s niektorou časťou zavesenia kolesa. Valčeky, v ktorých sa pohybujú piestiky sú umiestnené oproti sebe po oboch stranách kotúča. Valčeky musia byť navzájom prepojené kanálkami alebo brzdovým potrubím aby bol privedený hydraulický tlak rovnomerne rozdelený na jednotlivé valčeky a nedochádzalo k nerovnomernému opotrebeniu brzdových platničiek. Hydraulický tlak pôsobí na piestiky, ktoré z oboch strán tlačia platničky na brzdový kotúč.

Kotúčové brzdy s pevným strmeňom sa vďaka svojej vysokej pevnosti používajú predovšetkým u rýchlych alebo ťažkých osobných automobilov. Nevýhodou týchto brzd je ich zvýšená tepelná citlivosť ktorá sa prejavuje nadmerným ohrevom brzdovej kvapaliny, a tým možnosťou tvorby parných bublín. Čo má za následok zhoršenie vlastností brzd. Vymedzenie vôle medzi kotúčom a brzdovými platničkami je samočinné vďaka gumenému krúžku, ktorý je pevne umiestnený v drážke brzdového valčeka a utesňuje piestik. Tesniaci krúžok vďaka menšiemu priemeru obopína piestik a pri brzdení sa pružne deformuje. Keď poklesne tlak v brzdovej kvapaline, deformovaný krúžok sa vracia silou akou bol deformovaný do svojej pôvodnej polohy. Tým vracia piestik späť a vytvára medzi kotúčom a platničkami vzduchovú medzeru a kotúč sa môže opäť voľne otáčať. Tomuto javu napomáha aj hádzavosť kotúča. Valčeky a piestiky sú chránené proti vode a nečistotám ochrannými manžetami. [8]

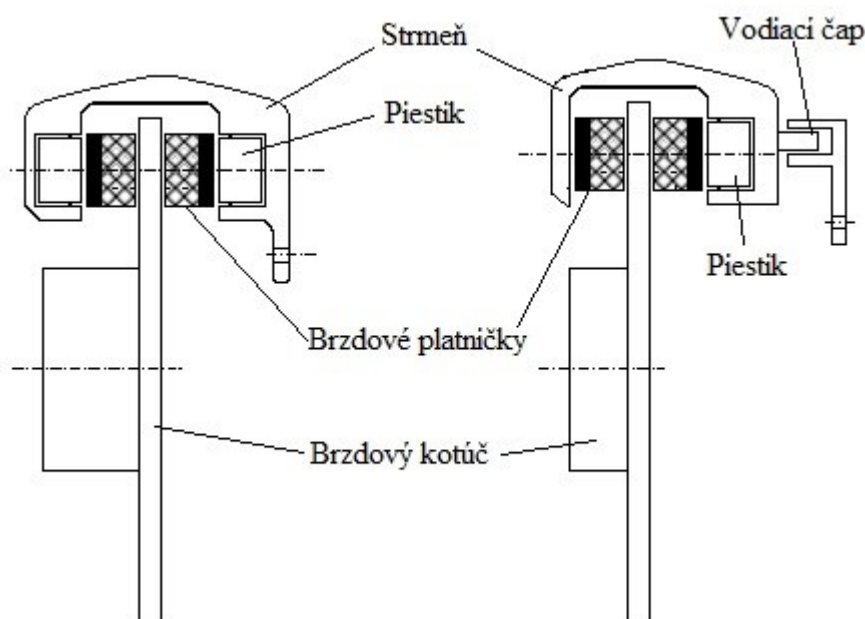
Kotúčové brzdy s plávajúcim strmeňom

Kotúčová brzda s plávajúcim strmeňom sa používa v jednopiestikovom alebo dvojpiestikovom prevedení. Držiak brzdy je pevne spojený s niektorou časťou zavesenia kolesa. V držiaku sú dve dutiny, v ktorých sa pohybujú vodiace čapy pevne spojené s plávajúcim strmeňom. Tlak prenášaný brzdovou kvapalinou pritlačí piestik, a tým aj platničku na kotúč. Zvýšenie tlaku na brzdový kotúč spôsobí posunutie brzdového strmeňa,

ktorý pritlačí k brzdovému kotúču aj druhú brzdovú platničku. Následným zvyšovaním tlaku sú obe platničky pritláčané na brzdový kotúč rovnomerne.

Kotúčová brzda s plávajúcim strmeňom má oproti brzde s pevným strmeňom menšie rozmery a hmotnosť. Vplyvom umiestnenia piestikov len z jednej strany kotúča sú tieto brzdy menej náchylné na vznik parných bublín v brzdovej kvapaline. Vodiace čapy sú však vystavené nečistotám a sú náchylnejšie na zadretie, následkom čoho môže dôjsť k zníženiu brzdneho účinku alebo poškodeniu brzdového kotúča.

Vôľa medzi brzdovými platničkami a kotúčom je taktiež zaistená samočinne, rovnako ako u brzd s pevným strmeňom. [8]



Obr. 7 Typy brzdových strmeňov kotúčovej brzdy [15]

Brzdový kotúč

Brzdový kotúč sa vyrába z temperovanej liatiny alebo ocel'oliatiny, ktorá obsahuje legujúce prvky zvyšujúce odolnosť voči vysokým teplotám a mechanickému namáhaniu. Kotúče sa vyrábajú s jednoduchou masívnou konštrukciou alebo s vnútorným chladením. Vzniká ventilačný efekt spôsobený radiálne usporiadanými vzduchovými kanálkami v kotúči a tým sa zvyšuje odvod tepla. U športových automobilov sa používajú aj kotúče s vyvŕtanými kruhovými otvormi. Taktiež sa využívajú kotúče s drážkami na trecích plochách. Tie zlepšujú samočistiacu schopnosť kotúča a taktiež umožňujú vizuálnu kontrolu opotrebenia. U pretekárskych automobilov sa môžeme stretnúť aj s keramickými brzdovými kotúčmi. [12]

Brzdové platničky

Brzdové platničky sú tvorené kovovým nosným segmentom, na ktorý je prilepený trecí segment. Ten je najčastejšie vyrobený z minerálnych, kovových alebo keramických materiálov v práškovej alebo vláknitej podobe. Spojivom sú sklené, kovové alebo uhlíkové vlákna. Na brzdové platničky sú kladené vysoké nároky na dlhú životnosť a predovšetkým stálu tepelnú pevnosť. Musia disponovať súčiniteľom trenia väčším ako 0,4 a to aj pri teplotách dosahujúcich až 700 °C.

3.2.3 Hlavný brzdový valec

Jeho úlohou je vytvorenie požadovaného tlaku v každom brzdovom okruhu. Rovnako zabezpečuje aj zníženie tlaku v systéme pri uvoľnení brzdového pedálu. Najčastejšie prevedenie je tandemové usporiadanie, kedy sú v telese valca umiestnené za sebou dva oddelené piesty (dvojokruhový systém). Hlavný brzdový valec je možné ovládať priamo tlakom vyvíjaným na brzdový pedál alebo nepriamo, kedy je medzi pedál a hlavný brzdový valec umiestnený posilňovač. Všetky dnes vyrábané automobily majú posilňovač brzdného účinku. Vyrába sa v podtlakovom alebo pretlakovom prevedení. Musí byť konštruovaný tak, aby pri jeho poruche zostala brzdová sústava v činnosti a ovládacia sila na brzdový pedál nepresiahla 800N. [12]

3.2.4 Deliče brzdných síl

Deliče brzdných síl redukujú alebo obmedzujú (v závislosti na tzv. prepínacom brzdnom tlaku) brzdnu silu na zadnej náprave. Tým znižujú možnosť prebrzdzenia zadnej nápravy. Pri obmedzovaní zostáva za hranicou prepínacieho tlaku na zadnej náprave konštantný brzdny tlak, bez ohľadu na zvyšujúcu sa silu na brzdový pedál. Pri redukcii je nárast brzdového tlaku na zadnej náprave menší ako na prednej náprave. Prepínací tlak môže byť nastavený pevne alebo môže závisieť na statickom zaťažení náprav. [2]

3.2.5 Brzdové médium

Použitie brzdového média je závislé na type brzdy vozidla. Pri použití nepriamočinného prenosu sily, bežne využívaného u nákladných automobilov je brzdovým médium stlačený vzduch. U brzd s priamočinným mechanickým prenosom sily je ako

brzdové médium využitá pevná látka (lanka alebo tyče). Brzdy priamočinné s hydraulickým prenosom sily využívajú ako médium brzdovú kvapalinu.

Brzdová kvapalina

Nároky kladené na vlastnosti brzdovej kvapaliny sú značne vysoké. Zásadnou požiadavkou je nemennosť zloženia a hustoty v širokom rozsahu teplôt. Musí byť zaručená ovládateľnosť brzdovej sústavy za všetkých podmienok behom prevádzky, kedy teplota kvapaliny operuje v rozpätí teplôt od -50°C až do $+200^{\circ}\text{C}$. Pri prudkom alebo dlhodobom brzdení sa bežne dosahuje $100 - 130^{\circ}\text{C}$. Dôležitou vlastnosťou je chemická neutrálnosť. Nesmie mať korozívne účinky ani nepriaznivo vplývať na gumové tesnenie brzdovej sústavy. Požadovanou vlastnosťou je aj schopnosť konzervovať a mazať vnútorné časti bŕzd. Väčšina brzdových kvapalín je na báze alkoholových zlúčenín ako polyglykol, glykol a glykol-etylén obohatené o ďalšie inhibítory. Tieto zložky musia byť vzájomne miesiteľné a nesmú sa ani pri vysokých teplotách oddeľovať ani peniť. Nežiaduci je aj vznik plynových bublín. Nevýhodou je, že sú toxické a absorbujú veľké množstvo vzdušnej vlhkosti. Preto je ich životnosť obmedzená výrobcom na 2 až 4 roky. Následkom pohlcovania vlhkosti sa znižuje bod varu, keď už pri 3,5% obsahu vody je bod varu znížený približne na 75% pôvodnej hodnoty. Tieto požiadavky kladené na brzdovú kvapalinu, rovnako ako mnohé ďalšie, sú obsiahnuté v medzinárodných normách (napríklad DOT3, DOT4, DOT5, ISO 4925). [12]

3.3 Odl'ahčovacia brzdová sústava

Prevádzkové brzdy ťažkých nákladných automobilov by pri dlhých klesaniach boli extrémne namáhané teplom a rýchlym opotrebením. Preto boli vyvinuté systémy, ktoré nie sú založené na trení. Slúžia k ustáleniu alebo zníženiu rýchlosti, nie však k úplnému zastaveniu vozidla. Najčastejšia technická realizácia býva retardér alebo motorová brzda.

3.3.1 Retardér

Elektromagnetický retardér – je zariadenie, ktoré mení pohybovú energiu na elektrickú energiu. Principiálne sa jedná o elektrický generátor. Vytvorená elektrická energia je buď premenená v odporoch na teplo alebo uschovávaná a opäť využitá pri zrýchľovaní.

Hydrodynamický retardér – je zariadenie, v ktorom sa kinetická energia mení na tepelnú energiu pomocou trenia kvapaliny v uzavretom bubne. Principiálne ide o hydrodynamickú spojku s jedným zablokovvaným kolesom

Retardéry dosahujú síce vysokú účinnosť, ale ich hlavnou nevýhodou sú veľké rozmery a hmotnosť. Preto sú častejšie využívané brzdy motorové, u ktorých sú rozmery a hmotnosť zanedbateľné. [14]

3.3.2 Motorová brzda

Moderné motorové jednotky sú schopné odpojiť prívod paliva a tým využiť k brzdeniu straty vzniknuté v motore a pomocných zariadeniach (tzv. brzdenie motorom).

Cieľom je zvýšiť účinnosť na čo najvyššiu hodnotu. To je možné realizovať pomocou výfukovej a dekompresnej brzdy.

Výfuková brzda so stálym škrtením

Je najjednoduchší spôsob prevedenia motorovej brzdy. Výfukové potrubie je čiastočne uzatvárané klapkou ovládanou otáčkami motora. Motor tak počas výfukového pracovného cyklu musí prekonávať tlak vzniknutý vo výfukovom potrubí a pracuje ako kompresor. Najväčšiu efektivitu dosahuje vo vysokých otáčkach. Táto pomerne jednoduchá a lacná úprava dokáže zvýšiť brzdny účinok motora až štvornásobne.

Výfuková brzda so stálym tlakom

Od predošlého systému sa tento líši tým, že výfukové potrubie sa uzatvorí úplne bez možnosti regulácie klapky. Konštantnú hodnotu tlaku zaisťuje zabudovaný regulačný ventil v potrubí, ktoré obchádza výfukovú klapku. Ten nedovolí zvýšenie tlaku v potrubí nad hodnotu, ktorá by mohla poškodiť časti potrubia alebo motora. Tento spôsob prevedenia výfukovej brzdy dosahuje podstatne vyššieho brzdneho účinku aj pri nižších otáčkach. S obľubou je využívaný výrobcami nákladných automobilov (napríklad Volvo so systémom EPG v motore D16 dosahuje až 230kW pri 2200 min⁻¹) [16]

Dekompresná brzda

Použitie dekompresnej brzdy je drahšie a konštrukčne náročnejšie. Je nutný zásah do motorovej časti v oblasti výfukových ventilov a ich časovania. Na konci kompresného cyklu motora dochádza k pootvoreniu výfukových ventilov alebo samostatných dekompresných ventilov umiestnených v motore len za týmto účelom. Po ich otvorení

uniká stlačený vzduch do výfukového potrubia. Takže stlačený vzduch nemôže väčšinu energie nadobudnutej stlačovaním vrátiť späť pri rozpínaní. A následne behom expanzného cyklu motora sa ventily uzatvoria a dochádza k podtlaku, ktorý opäť kladie zvýšený odpor. Z princípu činnosti je zrejmé, že najvyšší účinok dosahuje dekompresná brzda pri vyšších otáčkach motora. A hodnota brzdného výkonu sa pohybuje až okolo 2/3 maximálneho výkonu motora. Pomocou kombinácie výfukových a dekompresných brzd sme schopní dosiahnuť brzdný účinok porovnateľný s výkonom motora. [11]

3.4 Elektronické brzdové systémy

EBP (Elektronic Brake Prefill)

Ak vodič náhle uvoľní plynový pedál, systém automaticky zvýši tlak v brzdovej sústave a prisunie platničky k brzdovým kotúčom a to bez toho, aby sa vodič čo i len dotkol brzdového pedálu. To spôsobí rýchlejší nábeh brzdy a v prípade núdzového brzdzenia vodič pri stlačení pedálu okamžite vyvinie účinné brzdné spomalenie.

Stop And Go

Systém sledovaním vzdialenosti medzi vozidlami dokáže vozidlo bez zásahu vodiča plynule pribrzdiť, prípadne až zastaviť a následne zrýchliť. Toto je však možné iba v kombinácii so samočinnou prevodovkou.

HHC (Hill Hold Control)

Táto funkcia uľahčuje vodičom rozjazd do kopca. Udržiava tlak v brzdovej sústave, až kým hnacia sila motora neprekoná brzdnu silu. Zvýši sa tým nielen komfort rozjazdu, ale aj bezpečnosť. Použiteľné iba v kombinácii so samočinnou prevodovkou.

BDW (Brake Disc Wiping)

Systém BDE automaticky pri vytvorení vodného filmu na brzdových kotúčoch prisunie brzdové platničky na kotúč, následkom čoho vzniká teplo a vodný film sa vyparuje. Tento prísun platničiek ku kotúču je nepatrný a vodič si ho ani nevšimne.

Soft – Stop

Má za úlohu zníženie brzdného tlaku tesne pred zastavením čím sa odstráni "sek" na konci brzdzenia. [11]

4 ABS

Systém ABS (Anti-lock Braking System) je jedným z aktívnych prvkov bezpečnosti vozidla.

Bráni úplnému zablokovaniu kolies pri brzdení a tým strate adhézie. Koleso sa stále odvaľuje a vďaka tomu je možné vozidlo udržať stabilné a ovládateľné aj pri prudkom brzdení.

4.1 História

Protiblokovací brzdový systém, dnes známy ako ABS bol pôvodne vyvinutý pre leteckú dopravu. Už v roku 1929 inžinier Gabriel Voisin vyvinul systém brániaci blokovaniu kolies. To znamenalo koniec pálenia a praskania pneumatík pri pristávaní lietadiel. V roku 1936 ohlásila firma Bosch patent na: „Zariadenie k zabráneniu silného brzdenia kolies motorového vozidla“. Tento mechanický systém vážil 6,7 kg, bol pomalý a poruchový. Rozvoj ABS naplno začal s vývojom nových technológií v oblasti elektrotechniky. A v roku 1978 sa začína sériovo montovať do vozidiel Mercedes triedy S a krátko po tom aj do BMW radu 7. K ďalšiemu podstatnému vylepšeniu došlo v roku 1989. Podarilo sa spojiť riadiacu jednotku priamo s hydraulickým agregátom a tým odstrániť kabeláž. Znížila sa hmotnosť aj počet komponentov systému (zo 140 na 40). Od roku 2010 sa vyrába posledná generácia systému ABS. Do riadiacej jednotky je možné naprogramovať aj ďalšie funkcie ako sú ASR, ESP, BAS. S hmotnosťou len 1,1kg sa stal sériovo montovaným nielen do automobilov ale aj do motocyklov. [17]

4.2 Hlavné časti ABS

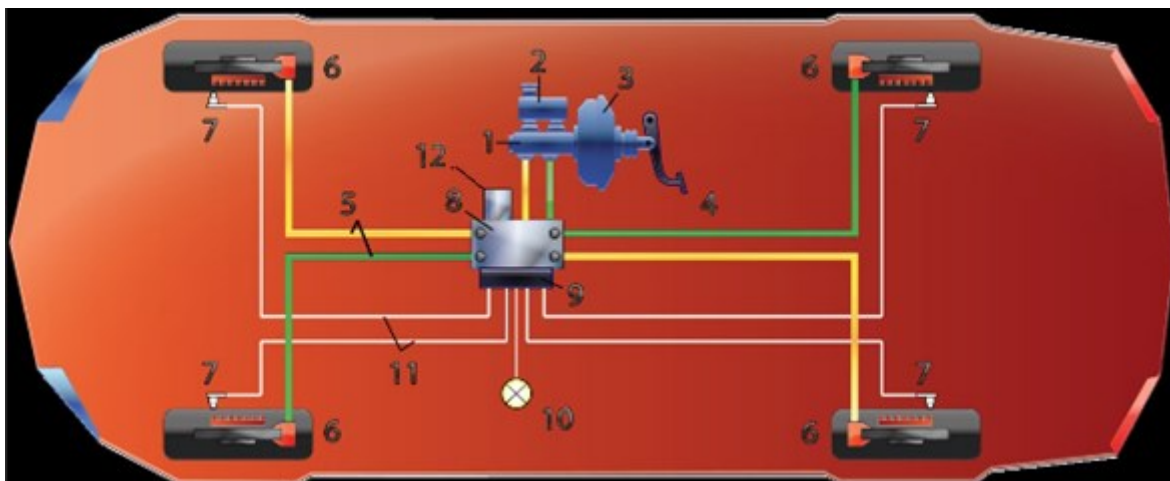
Brzdový systém ABS je konštruovaný ako nadstavba ku konvenčnému brzdovému systému.

Konvenčný systém:

- 1, hlavný brzdový valec
- 2, vyrovnávací nádržka
- 3, posilňovač bŕzd
- 4, brzdový pedál
- 5, brzdové potrubie a hadice
- 6, brzdy kolies

Komponenty ABS:

- 7, snímač otáčok kolies
- 8, hydraulická jednotka
- 9, riadiaca jednotka ABS
- 10, kontrolka ABS
- 11, elektrické vedenie
- 12, hydraulické čerpadlo



Obr. 8 Brzdová sústava [10]

Snímač otáčok kolies

Každé koleso je vybavené vlastným snímačom, ktorý zisťuje obvodovú rýchlosť kolesa a príslušné elektrické signály predáva riadiacej jednotke. V osobnom vozidle môžu byť použité dva, tri alebo štyri snímače otáčok. Snímač tvorí dvojica komponentov: impulzný kotúč a indukčný snímač.

Hydraulická jednotka

V hydraulickej jednotke sú integrované elektromagnetické ventily. Tie môžu otvárať alebo zatvárať hydraulické vedenie medzi hlavným brzdovým valcom a brzdovými valčekmi. Môžu taktiež prepojiť brzdové valčeky so spätným čerpadlom. Nové systémy ABS používajú dva elektromagnetické ventily pre každé koleso. Vstupný ventil slúži k zvýšeniu tlaku v brzdových valčekoch a výstupný k zníženiu tlaku.

Riadiaca jednotka ABS

Riadiaca jednotka porovnáva signály z jednotlivých snímačov a neustále tak zisťuje rýchlosť každého kolesa. Keď riadiaca jednotka vyhodnotí, že niektoré koleso má menšiu obvodovú rýchlosť ako ostatné, predá pokyny k činnosti hydraulickej jednotke. Rýchlosť riadiacej jednotky vyhodnotiť a upraviť činnosť systému je rádovo v desiatkach milisekúnd.

Hydraulické čerpadlo

Dodáva brzdovú kvapalinu späť do hlavného brzdového valca pri znižovaní tlaku v brzdových valčekoch. [10]

4.3 Požiadavky na systém ABS

Na systém ABS je kladené množstvo požiadaviek:

- Systém ABS musí zaistiť stabilitu a ovládateľnosť vozidla na všetkých druhoch vozovky.
- Musí pri brzdení maximálne využívať súčiniteľ adhézie a adekvátne sa naň prispôbiť.
- Činnosť systému musí byť rovnaká pri náhlom zošliapnutí brzdového pedála, ale aj pri postupnom zvyšovaní sily na brzdový pedál.
- Pri činnosti ABS nesmie dôjsť k rozhodnaniu vozidla vplyvom kmitania závesov kolies.
- Musí spoľahlivo pracovať v celej oblasti rýchlostí, ktoré môže vozidlo vyvinúť.
- Systém musí rozpoznať akvaplaning a vhodne naň reagovať.
- Musí spoľahlivo pracovať počas celej životnosti. Ak kontrolný obvod zistí poruchu, systém musí vyradiť ABS z činnosti.
- Na poruchový stav musí vodiča upozorniť kontrolka.

[18]

4.4 Princíp činnosti

Za normálnych okolností (bez zásahu riadiacej jednotky) sú vstupné ventily otvorené, výstupné zavreté a hydraulická jednotka nečinná. Pri brzdení sa tlak z hlavného brzdového valca prenáša priamo na brzdové valčeky.

Ak pri brzdení dôjde k zablokovaniu kolesa, signál zo snímača sa zmení. Riadiaca jednotka tento stav vyhodnotí a vykoná adekvátnu reakciu. Nastaví hydraulickú jednotku do stavu udržiavania tlaku. Oba elektromagnetické ventily sa uzatvoria a preruší sa spojenie hlavného brzdového valca s brzdovými valčkami daného kolesa. Ak nedôjde k zmene signálu a koleso je stále blokové, riadiaca jednotka nastaví hydraulickú do polohy znižovania tlaku. Otvorí výstupný ventil a spojí brzdové valčeky so vstupnou vetvou hydraulického čerpadla. Dochádza k znižovaniu tlaku v brzdových valčkoch až do doby, kým sa koleso opäť nezačne otáčať. Vtedy riadiaca jednotka nastaví hydraulickú do polohy zvyšovania tlaku. Otvorí vstupný ventil a tým umožní opätovné zvýšenie tlaku v brzdových valčkoch. Aby nedochádzalo k „vädnutiu“ brzdového pedála (pedál by začal klesať k podlahe), je výstupná vetva hydraulického čerpadla vyvedená medzi hlavný

brzdový valec a hydraulickú jednotku. Výstupná vetva hydraulického čerpadla musí byť opatrená jednocestným ventilom aby nedochádzalo k úniku tlaku. Tlak sa zvyšuje až do okamihu, kedy riadiaca jednotka opäť vyhodnotí zablokovanie kolesa a nastaví sa do udržiavania tlaku. Celý cyklus sa periodicky opakuje s frekvenciou 10-20 cyklov za sekundu. Záleží od typu protiblokovacieho systému. Keď zanikne nutnosť regulácie, hydraulická jednotka je opäť nastavená do nečinného režimu. [11]

4.5 Rozširujúce systémy

Systém ASR

Účelom protipreklzového systému je zaistiť stabilitu a riaditeľnosť vozidla pri akcelerácii. To zaisťuje regulácia preklzu hnacích kolies pomocou regulácie veľkosti krútiaceho momentu motora. Pri montáži zostávajú komponenty ABS nezmenené.

Systém ESP

Pomáha stabilizovať vozidlo pomocou pribrzdzenia niektorého kolesa a obmedzením výkonu motora. Tým vytvára krútiaci moment okolo zvislej osi vozidla a kompenzuje jeho nedotáčavosť alebo pretáčavosť. [11]

5 Skúšanie a diagnostika brzdových sústav

Bezporuchovosť a správna funkcia bŕzd sú dve základné kritéria kladené na brzdy. Preto sa začali zavádzať skúšky, ktorými sa zisťuje technický stav a správna funkcia bŕzd. Metódy zisťovania brzdového účinku je možné rozdeliť na dva druhy:

- Jazdné skúšky
- Skúšky na stacionárnom zariadení

5.1 Jazdné skúšky

Jazdné skúšky sú charakteristické pre homologizačné merania a testy, pri ktorých sa meria vzdialenosť potrebná k zastaveniu vozidla z určitej počiatočnej rýchlosti. Pri zisťovaní brzdného účinku jazdnou skúškou sa používajú prístroje, ktoré zaznamenávajú fyzikálne veličiny. Pomocou nich je možné popísať proces brzdenia.

Cestná skúška

Je najjednoduchšia metóda zisťovania brzdného účinku. Jej princíp spočíva v odčítaní počiatočnej rýchlosti z tachometra a meraním brzdnej dráhy od značky umiestnenej vedľa vozovky. Brzdnú dráhu definuje vzdialenosť stojaceho vozidla od značky.

Značkovací prístroj

Ide o vylepšenú verziu cestnej skúšky. Tesne pred začatím brzdenia (v presne stanovenom intervale) sa vystrelí farebný projektil proti vozovke. Druhý sa vystrelí na začiatku brzdenia. Zo vzdialenosti medzi prvým a druhým bodom na vozovke sa výpočtom určí počiatočná rýchlosť vozidla. A vzdialenosť medzi druhým bodom na vozovke a prístrojom umiestneným na vozidle určuje brzdnú dráhu.

Optické prístroje

Optické prístroje využívajú princíp optickej korelácie. Obraz vozovky, po ktorej sa vozidlo pohybuje je prenášaný optickou sústavou do fotoelektrického snímača. Tento signál je vyhodnocovaný softwarom vyvinutým len pre tento účel a je možné okamžite zistiť rýchlosť vozidla, brzdnú dráhu a spomalenie. Je to najdokonalejší bezdotykový systém na meranie a vyhodnocovanie jazdných vlastností vozidiel. Preto bol vybraný na vytvorenie znaleckého štandardu s názvom „Correvit“

Decelometer

Je najlacnejší prístroj na meranie brzdného spomalenia. Jeho nepresnosť vyvažuje nízka cena. Poznáme dva druhy decelometrov: mechanické a hydraulické. Na prístroji je stupnica, z ktorej je možné okamžité odčítanie hodnôt. Celý priebeh brzdenia je zaznamenávaný prostredníctvom počítača, ktorý je možné k prístroju pripojiť.

Vlečné koliesko

Koliesko ľahkej konštrukcie s presne stanoveným priemerom je spojené pomocou výkyvného ramena k zadnej časti vozidla. Koliesko sa odvaľuje po vozovke a elektrický snímač otáčok poskytuje impulzy, z ktorých je vypočítaná rýchlosť vozidla, brzdná dráha a spomalenie. Toto zariadenie je možné použiť len na rovnom povrchu a pri nízkych rýchlostiach aby bol zabezpečený stály kontakt kolieska s vozovkou. [4]

5.2 Skúšky na stacionárnom zariadení

Zariadenia pre stacionárnu skúšku bŕzd motorových vozidiel sú neodmysliteľnou súčasťou výbavy staníc technickej kontroly, ale aj automobilových servisov. Pre diagnostiku brzdových sústav stacionárnym spôsobom sú používané prevažne valcové dynamometre, jednoúčelové alebo kombinované. Kombinované dynamometre umožňujú skúšku nielen brzdovej sústavy, ale aj pohybových vlastností vozidla. Popri valcových dynamometroch existujú ešte plošinové dynamometre, ale tie sú pomerne málo rozšírené.

Valcové dynamometre

Systém valcových dynamometrov umožňuje veľmi rýchlo a ľahko získať potrebné hodnoty. Výhodou je aj možnosť posudzovať nesúmernosť brzdových síl medzi pravými a ľavými kolesami. Pomocou valcových skúšok môžeme odhaliť aj poruchy súmernosti brzdového bubna, hádzavosť kotúča, trvalé príbrzd'ovanie, nízky súčiniteľ trenia, nevhodné vlastnosti pneumatík a ďalšie. Vlastný mechanizmus valcového dynamometra je možné umiestniť pod úroveň podlahy a ušetriť tým miesto. Nevýhodou v porovnaní s jazdnou skúškou je, že nezohľadňuje dynamické zaťaženie prednej nápravy a odľahčenie zadnej nápravy.

Princíp funkcie jednotlivých dynamometrov je prakticky rovnaký. Líši sa len rozdielne konštrukčným prevedením povrchov valcov, meracou a snímacou technikou, prvkami indikácie blokovania kolies, záznamovým a ovládacím zariadením. [4]

Skúšky na valcových dynamometroch sa rozdeľujú do troch skupín:

- pomalobežné skúšky bŕzd (rýchlosť kolies do 10km/h)
- rýchlobežné skúšky bŕzd (rýchlosť kolies do 100km/h)
- dynamické skúšky bŕzd (možnosť simulácie jazdy)

6 Legislatíva

Požiadavky na brzdové zariadenia sú stanovené zákonom a vyhláškami, v SR sú v platnosti vyhlášky Ministerstva dopravy, výstavby a regionálneho rozvoja. Tieto požiadavky sú v súlade s homologizačnými predpismi Európskej Hospodárskej Komisie Organizácie Spojených Národov číslo 13, 78, 90.

V tejto kapitole uvádzam vybrané ustanovenia uvedené v predpise EHK OSN číslo 13-H, týkajúce sa osobných motorových vozidiel z hľadiska brzdienia:

- *„Brzdové zariadenie musí byť konštruované, vyrobené a namontované takým spôsobom, aby v normálnych prevádzkových podmienkach mohlo vozidlo vyhovieť ustanoveniam tohto predpisu, a to aj pri vibráciách, ktorým môže byť vystavené.*
- *Najmä musí byť brzdové zariadenie konštruované, vyrobené a namontované tak, aby odolávalo korózii a starnutiu, ktorým je vystavené.*
- *Brzdové obloženia nesmú obsahovať azbest.*
- *Účinnosť brzdového zariadenia, nesmie byť nepriaznivo ovplyvnená magnetickými alebo elektrickými poľami. To je nutné preukázať splnením požiadaviek predpisu číslo 10 v znení série zmien 02.*
- *Súbor brzdových zariadení, ktorými je vozidlo vybavené, musí spĺňať požiadavky na prevádzkové, núdzové a parkovacie brzdienie.*
- *Systémy zaisťujúce prevádzkové, núdzové a parkovacie brzdienie môžu mať spoločné časti, pokiaľ vyhovujú nasledujúcim ustanoveniam:*
 - *musia mať najmenej dva na sebe nezávislé ovládače ľahko dosiahnuteľné vodičom z jeho normálnej polohy pri jazde. Každý ovládač brzd musí byť konštruovaný tak, aby sa pri uvoľnení vrátil do východiskovej polohy. Táto požiadavka neplatí pre ovládač parkovacej brzdy pokiaľ je mechanicky zaistený v polohe pre brzdienie;*
 - *ovládač prevádzkového brzdového systému musí byť nezávislý na ovládači parkovacieho brzdového systému;*
- *Prevádzkové brzdienie musí umožňovať ovládanie pohybu vozidla a jeho zastavenie bezpečným, rýchlym a účinným spôsobom, bez ohľadu na rýchlosť, zaťaženie a veľkosť sklonu stúpaním alebo klesaním svahu. Jeho účinok musí byť odstupňovateľný. Vodič musí byť schopný vykonať toto brzdienie zo svojho miesta sedenia, bez toho aby sňal ruky z ovládača riadenia.*

- *Núdzové brzdenie musí umožňovať zastavenie vozidla v primeranej vzdialenosti v prípade zlyhania prevádzkového brzdenia. Musí byť odstupňovateľné. Vodič musí byť schopný vykonať toto brzdenie zo svojho miesta sedenia bez toho aby sňal ruky z ovládača riadenia. Na účely tohto ustanovenia sa pripúšťa, že súčasne sa nemôže vyskytovať viac než jedna porucha v prevádzkovom brzdovom systéme.*
- *Parkovací brzdový systém musí byť konštruovaný tak, aby sa mohol uviesť do činnosti aj za jazdy vozidla. Táto požiadavka môže byť splnená aktivovaním prevádzkového brzdového systému vozidla, prípadne tiež čiastočným aktivovaním, pomocou pomocného ovládača.*
- *Musí byť možné jednoduchým spôsobom overiť správny prevádzkový stav týchto komplexných elektronických systémov, ktoré ovládajú brzdenie. Ak sú potrebné osobitné informácie, musia byť voľne dostupné.*
- *Musí byť možné vyvinúť maximálne brzdne sily v statických podmienkach na valcovom dynamometri alebo na valcovej skúšačke brzd.*
- *Pri poruche ktoréhokoľvek komponentu iného než sú brzdy, alebo pri akejkoľvek inej poruche v prevádzkovom brzdovom systéme (nesprávna funkcia, čiastočné alebo celkové vyčerpanie zásoby energie), musí byť schopná tá časť prevádzkového brzdového systému, ktorá nie je dotknutá poruchou, zastaviť vozidlo za podmienok požadovaných pre núdzové brzdenie.*
- *Ak je prevádzkové brzdenie zaistované účinkom svalovej energie vodiča posilňovanej z jedného alebo viacerých zásobníkov energie, musí byť núdzové brzdenie v prípade zlyhania tohto posilnenia zaistené svalovou energiou vodiča, posilňovanou poprípadne zo zásobníkov energie, ktoré nie sú dotknuté zlyhaním, pričom sila na ovládač nesmie presiahnuť maximum.*
- *Porucha časti systému kvapalinového prevodu musí byť signalizovaná vodičovi zariadením, dávajúcim výstražný signál červeným oznamovačom, ktoré sa rozsvieti pred tým alebo pri tom, keď vznikne medzi neporušeným a porušeným systémom tlakový rozdiel nepresahujúci 15,5 bar, merané na výstupe z hlavného brzdového valca. Toto výstražné svetlo musí svietiť tak dlho, pokiaľ porucha trvá a spínač zapalovania (spúšťania) je v polohe "zapnuté" (spúšťanie). Je však prístupné zariadenie obsahujúce výstražnú signalizáciu s červeným oznamovačom, ktoré sa rozsvieti, len čo hladina brzdovej kvapaliny v svojej zásobnej nádržke poklesne na výšku nižšiu než je hodnota stanovená výrobcom. Výstražné svetlo musí byť viditeľné aj vo dne. Vodič musí mať možnosť ľahko overiť zo svojho sedadla správnu funkciu tejto signalizácie. Porucha časti tohto zariadenia nesmie viesť k úplnej strate účinnosti*

brzdového zariadenia. Aplikácia parkovacej brzdy musí byť rovnako signalizovaná vodičovi. K tomu možno použiť rovnaký oznamovač výstražného signálu.“ [cit. 9]

Tab.1 Požiadavky na brzdny účinok podľa EHK číslo13H [9]

| Kategória vozidiel | | Osobný automobil M1 |
|-----------------------------|-----------------------------------|--|
| Prevádzkové brzdzenie | Maximálna brzdňá dráha | $0,1 \cdot v_0 + 0,0067 \cdot v_0^2$ [m] |
| | Maximálna ovládacia sila na pedál | 500 N |
| | Minimálne spomalenie | $5,76 \text{ m/s}^2$ |
| Núdzové brzdzenie | Maximálna brzdňá dráha | $0,1 \cdot v_0 + 0,0158 \cdot v_0^2$ [m] |
| | Maximálna ovládacia sila | 400 N |
| | Minimálne spomalenie | $2,44 \text{ m/s}^2$ |
| Maximálna doba nábehu brzdy | | 0,6 s |

Kompletné znenie všetkých ustanovení jednotlivých predpisov EHK OSN v slovenskom jazyku je voľne dostupné na internetových stránkach Ministerstva dopravy, výstavby a regionálneho rozvoja Slovenskej republiky.
(http://www.telecom.gov.sk/externe/ehk_osn/ehkmain.htm)

7 Návrh experimentu a metodika merania

Účelom merania bolo zistiť a porovnať brzdné dráhy pri prudkom (panickom) brzdení. A to so zapnutým systémom ABS a s vypnutým systémom ABS u troch rôznych automobilov. Automobily použité pre experiment boli: Volkswagen Passat 2.0 TDI, Citroën Xantia 1.8i, Citroën Xsara 1.4i. Meranie prebiehalo u všetkých automobilov za rovnakých poveternostných a prevádzkových podmienok. Toto meranie sa uskutočnilo na vedľajšej ceste v obci Oščadnica dňa 9.2.2013.

7.1 Charakteristiky testovaných vozidiel

V tejto časti uvádzam stručný popis testovaných automobilov. Všetky automobily sú vybavené systémom ABS na všetkých štyroch kolesách.

7.1.1 Citroën Xantia

Prvé testované vozidlo je Citroën Xantia 1.8i je vybavené benzínovým motorom s obsahom valcov 1761 cm³, maximálnym výkonom 66 kW a maximálnym krútiacim momentom 147 Nm. Auto bolo vyrobené v roku 2000 a v čase testovania malo najazdených 139 524 km. Vozidlo je vybavené dvojokruhovou kvapalinovou prevádzkovou brzdou. Usporiadanie brzdových okruhov je diagonálne a brzdný účinok je posilnený brzdovým posilňovačom.

Predná náprava vozidla je vybavená kotúčovými brzdami s vnútorným chladením o priemere 266 mm a plávajúcimi brzdovými strmeňmi s jedným piestikom o priemere 47mm. Zadná náprava vozidla je vybavená kotúčovými brzdami s masívnym profilom o priemere 224 mm a plávajúcimi brzdovými strmeňmi s jedným piestikom o priemere 42mm. V tomto vozidle je použitý hydraulický olej (typ LHM) namiesto klasickej brzdovej kvapaliny, ktorý plní svoju funkciu aj v hydropneumatickom odpružení. Parkovacia brzda vozidla je ovládaná mechanicky pomocou oceľových lán, ktoré sú vyvedené na kolesá prednej nápravy. Brzdná sila je vytváraná ručne s pomocou mechanickej páky.

Tab. 2 Ďalšie technické údaje vozidla Citroën Xantia 1.8i

| | | | |
|--------------------------------|---------------------|-------------------------------|----------|
| Dĺžka | 4525 mm | Šírka | 1755 mm |
| Výška | 1400 mm | Rázvor | 2740 mm |
| Rozchod predných kolies | 1482 mm | Rozchod zadných kolies | 1442 mm |
| Prevodovka | Manuálna 5 stupňová | Prevádzková hmotnosť | 1320 kg |
| Rozmer pneumatík | 185/65 R15 88T | Karoséria | AA SEDAN |

7.1.2 Volkswagen Passat

Druhé testované vozidlo je Volkswagen Passat 2.0 TDI vybavené dieselovým motorom s obsahom valcov 1968 cm³, maximálnym výkonom 103 kW a maximálnym krútiacim momentom 320 Nm. Auto bolo vyrobené v roku 2008 a v čase testovania malo najazdených 164 195 km. Vozidlo je vybavené diagonálnym dvojokruhovým brzdovým systémom prevádzkovej brzdy s kvapalinovým rozvodom. Účinok brzd je posilnený brzdovým posilňovačom.

Predná náprava vozidla je vybavená kotúčovými brzdami s vnútorným chladením. Priemer kotúčov je 312 mm a plávajúce brzdové strmene sú osadené jedným piestikom. Zadná náprava vozidla je vybavená kotúčovými brzdami s masívnym profilom. Priemer kotúčov je 286 mm a plávajúce brzdové strmene sú osadené jedným piestikom. Brzdová kvapalina predpísaná výrobcom je DOT 4 s intervalom výmeny náplne 2 roky. Hladina brzdovej kvapaliny v nádržke je sledovaná snímačom.

Parkovacia brzda vozidla je ovládaná elektronicky pomocou tlačidla, ktoré dáva pokyn k činnosti centrálnej riadiacej jednotke. Tá ovláda dva servomotory umiestnené na brzdových strmeňoch zadnej nápravy.

Tab. 3 Ďalšie technické údaje vozidla Volkswagen Passat 2.0 TDI

| | | | |
|--------------------------------|---------------------|-------------------------------|----------|
| Dĺžka | 4774 mm | Šírka | 1820 mm |
| Výška | 1456 mm | Rázvor | 2709 mm |
| Rozchod predných kolies | 1552 mm | Rozchod zadných kolies | 1551 mm |
| Prevodovka | Manuálna 6 stupňová | Prevádzková hmotnosť | 1585 kg |
| Rozmer pneumatík | 205/55 R16 91H | Karoséria | AC KOMBI |

7.1.3 Citroën Xsara

Tretie testované vozidlo Citroën Xsara je 1.4i vybavené benzínovým motorom s obsahom valcov 1360 cm³, maximálnym výkonom 55 kW a maximálnym krútiacim momentom 112 Nm. Auto bolo vyrobené v roku 1999 a v čase testovania malo najazdených 155 235 km. Vozidlo je vybavené dvojokruhovou kvapalinovou prevádzkovou brzdou. Usporiadanie brzdových okruhov je diagonálne a brzdny účinok je posilnený podtlakovým brzdovým posilňovačom.

Predná náprava vozidla je vybavená kotúčovými brzdami s vnútorným chladením o priemere 247 mm a plávajúcimi brzdovými strmeňmi s jedným piestikom. Zadná náprava vozidla je vybavená bubnovými brzdami typu SIMPLEX s vnútorným profilom o priemere 180 mm. Brzdová kvapalina predpísaná výrobcom je DOT 4 s intervalom výmeny náplne 2 roky.

Parkovacia brzda vozidla je ovládaná mechanicky pomocou oceľových lán, ktoré sú vyvedené na kolesá zadnej nápravy. Brzdna sila je vytváraná ručne s pomocou mechanickej páky.

Tab. 4 Ďalšie technické údaje vozidla Citroën Xsara 1.4i

| | | | |
|--------------------------------|---------------------|-------------------------------|------------------------|
| Dĺžka | 4167 mm | Šírka | 1690 mm |
| Výška | 1364 mm | Rázvor | 1540 mm |
| Rozchod predných kolies | 1423 mm | Rozchod zadných kolies | 1430 mm |
| Prevodovka | Manuálna 5 stupňová | Prevádzková hmotnosť | 1095 kg |
| Rozmer pneumatík | 185/65 R14 86T | Karoséria | AB HATCHBACK 3DV |

7.2 Technický stav vozidiel

U všetkých troch vozidiel bol pred začiatkom testovania skontrolovaný technický stav v odbornom autoservise. Kontrola bola zameraná hlavne na brzdovú sústavu a podvozok vozidiel. Ako prvé boli skontrolované prevádzkové kvapaliny vozidiel, stav hladiny motorového oleja, brzdovej kvapaliny a hydraulického oleja. Následne bol skontrolovaný stav brzdových platničiek, brzdových kotúčov a brzdových bubnov. Za pomoci počítačovej diagnostiky prebehla aj kontrola snímačov a riadiacej jednotky systému ABS. Kontrola pneumatík spočívala v zistení stavu a hrúbky dezénu. Ostatné časti podvozku a brzd boli odborným pracovníkom kontrolované vizuálne.

U vozidla Citroën Xantia bola nutná výmena brzdových platničiek. Ostatné kontrolované časti spĺňali u všetkých vozidiel výrobcom predpísané hodnoty.

Na záver technickej prehliadky boli vozidlá otestované na valcovom dynamometri.

Tab. 5 Brzdné sily vozidiel valcovej skúšky

| Vozidlo | Citroën Xantia 1.8i | | Nesúmernosť účinku |
|----------------------------------|---------------------------|---------|--------------------|
| Koleso | Ľavé | Pravé | |
| Prevádzková brzda predná náprava | 2,78 kN | 2,74 kN | 1,4% |
| Prevádzková brzda zadná náprava | 1,53 kN | 1,43 kN | 6,5% |
| Parkovacia brzda | 2,36 kN | 2,42 kN | 2,5% |
| | | | |
| Vozidlo | Volkswagen Passat 2.0 TDI | | Nesúmernosť účinku |
| Koleso | Ľavé | Pravé | |
| Prevádzková brzda predná náprava | 2,64 kN | 2,69 kN | 1,9% |
| Prevádzková brzda zadná náprava | 1,38 kN | 1,37 kN | 0,7% |
| Parkovacia brzda | 1,44 kN | 1,46 kN | 1,4% |
| | | | |
| Vozidlo | Citroën Xsara 1.4i | | Nesúmernosť účinku |
| Koleso | Ľavé | Pravé | |
| Prevádzková brzda predná náprava | 2,41 kN | 2,32 kN | 3,7% |
| Prevádzková brzda zadná náprava | 1,12 kN | 1,17 kN | 4,3% |
| Parkovacia brzda | 1,12 kN | 1,38 kN | 19% |

V tabuľke tab. 5 sú zapísané výsledky skúšok na valcovom dynamometri. Hodnoty brzdných síl všetkých automobilov sú v súlade so zákonnými požiadavkami. Nesúmernosť brzd je u všetkých vozidiel minimálna. Výnimkou je len parkovacia brzda vozidla Citroën Xsara, ktoré vykazuje nesúmernosť až 19%. Avšak táto hodnota je v súlade so zákonnými požiadavkami. Aj napriek značnej nesúmernosti brzdného účinku parkovacej brzdy vozidla Citroën Xsara, sú všetky vozidlá technicky spôsobilé pre premávku na pozemných komunikáciach.

7.3 Charakteristika podmienok merania

Meranie sa uskutočnilo približne na 250 metrov dlhom, rovnom úseku s nulovým sklonom vozovky, ktorému predchádza dlhá tiahla zákruta s dĺžkou približne 200 metrov. Vozovka bola pokrytá vrstvou ujazdeného zľadovateného snehu. V priebehu merania bolo bezvetrie a teplota vzduchu sa pohybovala od -4 °C do -2 °C.

Meranie je len orientačné a vykazuje určité problémy presnosti. Pri meraní som zanedbal oneskorenie nábehu brzdy, keďže táto hodnota je minimálna a závažne neovplyvní výsledky meraní. Taktiež nebolo nutné počítať s reakčnou dobou vodiča, pretože začiatok brzdenia bol pevne stanovený na konkrétne miesto. Toto miesto však vykazuje najväčšiu chybu merania, keďže nebolo vždy dodržané presné miesto začiatku brzdenia.

7.4 Popis merania

Pred meraním bolo potrebné označiť začiatok úseku na ktorom bude prebiehať meranie. Vedľa vozovky a to približne 100 m od začiatku rovného úseku boli umiestnené značky. Mali podobu drevených hranolov s dĺžkou 150 cm natretých oranžovou reflexnou farbou. Táto farba bola použitá aj na vozovke, aby bol začiatok brzdnej dráhy dobre viditeľný. Toto miesto malo popis nula a od tohto miesta bola meraná brzdna dráha. K meraniu vzdialenosti bolo použité navijacie meracie pásmo. Pásmo značky Meteor s dĺžkou 100 m zodpovedá 2 triede EC štandardu. Presnosť $\pm 20,3\text{mm}/100\text{m}$.

Každé auto bolo pred meraním zahriate na prevádzkovú teplotu a pristavené na začiatku tiahlej zákruty (počiatočný bod). Odtiaľ akcelerovalo na požadovanú rýchlosť. Rýchlosť auta bola sledovaná pomocou navigačného systému GPS, ktoré je presnejšie ako palubný ukazovateľ rýchlosti. Rýchlosť sa pred nulovým bodom stabilizovala a tesne pred dosiahnutím nulového bodu bol motor odpojený rozpojením spojky. Po dosiahnutí nulového bodu prednou časťou automobilu vodič prudko zošliapol brzdový pedál maximálnou možnou silou tak, aby došlo k zablokovaniu kolies. A pri zapnutom systéme ABS došlo k jeho uvedeniu do činnosti. Sila vyvíjaná na brzdový pedál bola udržiavaná po celú dobu brzdenia neprerušovaná a čo najviac konštantná. Po zastavení automobilu sa zmerala vzdialenosť prednej časti automobilu od nulového bodu a bola zapísaná do vopred pripravenej tabuľky. Vzdialenosť bola zaokrúhľovaná na presnosť desatiny metra. Následne sa vodič s autom vrátil na počiatočný bod. Tento postup sa systematicky opakoval pre všetky stanovené podmienky merania.

Pre každý automobil bolo stanovených sedem rýchlostí (10÷70km/h), pre ktoré bolo nameraných päť hodnôt so zapnutým systémom ABS a päť hodnôt s vypnutým systémom ABS. Pričom merania so zapnutým systémom ABS boli vykonané ako prvé a to v nasledovnom poradí: 1. Citroën Xantia, 2. Volkswagen Passat, 3. Citroën Xsara. Po vypnutí systému ABS bolo poradie meraní rovnaké.

Vypnutie systému ABS bolo realizované odpojením elektrického okruhu systému od zdroja energie. Prakticky to znamenalo vytiahnuť príslušnú poistku pre systém ABS z poistkovej skrinky. V prípade automobilu Volkswagen Passat bolo nutné aj odpojenie systému ESP, ktorý je možné vypnúť tlačidlom na palubnej doske.

7.5 Počiatočný predpoklad

Prvý počiatočný predpoklad bol stanovený ako poradie vozidiel vzhľadom k ich celkovej brzdnéj dráhe. Pričom celková brzdná dráha sa vypočítala ako aritmetický priemer všetkých nameraných brzdných dráh každého vozidla samostatne. Najkratšiu celkovú brzdnú dráhu by malo mať vozidlo Citroën Xsara, ako druhé Citroën Xantia a najdlhšiu celkovú brzdnú dráhu by malo mať vozidlo Volkswagen Passat. Poradie som určil subjektívnym názorom a hlavným rozhodovacím kritériom bola pritom hmotnosť vozidiel.

Druhým predmetom bolo určiť, v ktorom prípade bude mať auto kratšiu celkovú brzdnú dráhu a to s použitím ABS alebo bez ABS. V druhom prípade mali vozidlá s použitím ABS zabrzdiť skôr, ako bez použitia ABS.

Do tabuľky bola vopred vyplnená hodnota predpokladanej brzdnéj dráhy. Zjednodušený vzorec so súvislosťami uvedenými v kapitole 7.3 má tvar:

$$s = \frac{v^2}{2 \cdot g \cdot \mu} [m] \quad (19)$$

Kde v je rýchlosť (m/s), g je gravitačné zrýchlenie (m/s^2), μ je súčiniteľ adhézie medzi vozovkou a pneumatikou. Pre daný povrch vozovky sa uvádza súčiniteľ 0,10 - 0,25. Pričom 0,10 je hodnota pre zľadovatenú vozovku a hodnota 0,25 je pre vozovku pokrytú vrstvou snehu. Ja som si zvolil súčiniteľ s hodnotou 0,25 čo je jeden s extrémov, pre ktorý som vypočítal hodnoty brzdných dráh pre jednotlivé rýchlosti. Tieto brzdné dráhy sú spoločné pre všetky automobily. (zdroj <http://www.autorubik.sk/technika/brzdna-draha>)

7.6 Namerané hodnoty

V nasledujúcej kapitole uvádzam tabuľky nameraných brzdných dráh automobilov pri brzdení za konkrétnych rýchlostí a podmienok. V tabuľkách taktiež uvádzam priemerné brzdné dráhy, ktoré sú aritmetickým priemerom nameraných hodnôt. Na pravej strane

tabuľky taktiež uvádzam aj predpokladané brzdné dráhy. Namerané hodnoty boli

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n}$$

spracované nasledujúcim spôsobom:

(20)

Tab. 6 Namerané hodnoty vozidla Citroën Xantia 1.8i

| Citroën Xantia 1.8i | | | | | |
|---------------------|--------------------------------------|-----------------------|--------------------------------------|-------------------------|---------------------|
| Rýchlosť | Dráha s ABS | Priemerná dráha s ABS | Dráha bez ABS | Priemerná dráha bez ABS | Predpokladaná dráha |
| [km/h] | [m] | [m] | [m] | [m] | [m] |
| 10 | 3 3,1 2,9 2,9 3 | 2,980 | 2,9 2,8 3 3,1 3,2 | 3,000 | 1,573 |
| 20 | 7,4 7,1 7,3 7,1 7,6 | 7,300 | 9,6 9,4 9,3 9,5 9,6 | 9,480 | 6,292 |
| 30 | 16,4 18,1 17,5 18 16,9 | 17,380 | 19,6 18,9 19,8 19,2 20 | 19,500 | 14,158 |
| 40 | 28,5 27,8 28,4 27,2 28,2 | 28,020 | 30,5 30,1 30,9 29,8 30,8 | 30,420 | 25,170 |
| 50 | 42,3 41,9 41,4 42,7 42,2 | 42,100 | 39,8 40 41 39,7 40,4 | 40,180 | 39,327 |
| 60 | 53,5 55,8 55,1 54,3 55,6 | 54,860 | 50,4 50,1 51,5 52 50,6 | 50,920 | 56,632 |
| 70 | 75,2 78,3 76,1 75,4 79,1 | 76,820 | 64,4 66,2 64,1 66,9 65,1 | 65,340 | 77,082 |

Tab. 7 Namerané hodnoty vozidla Volkswagen Passat 2.0 TDI

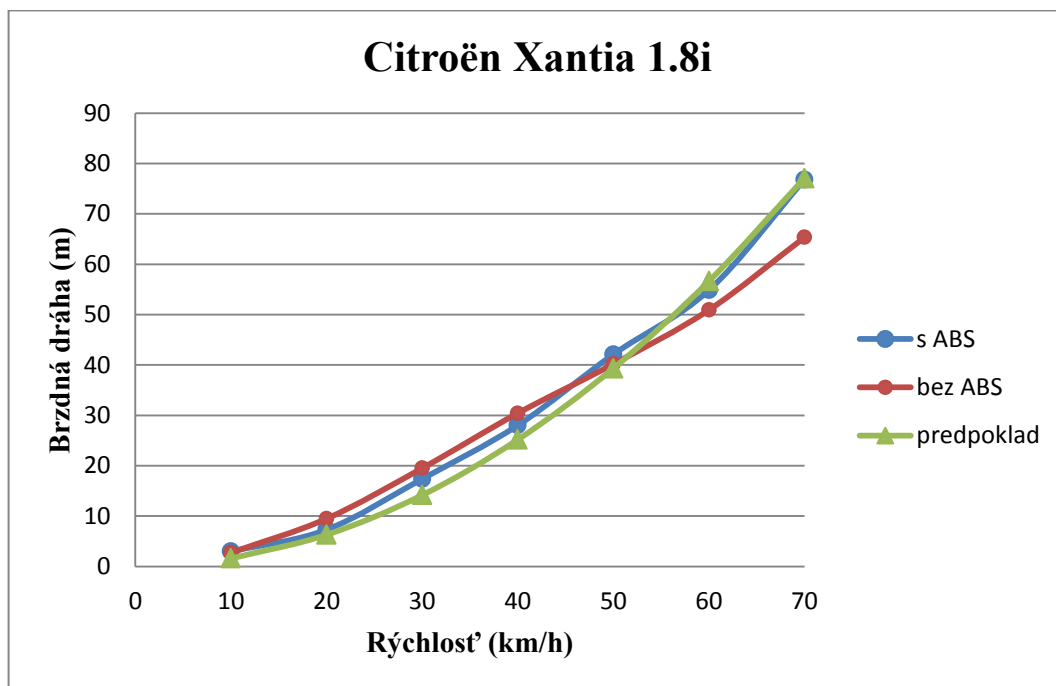
| Volkswagen Passat 2.0 TDI | | | | | |
|---------------------------|--------------------------------------|-----------------------|--------------------------------------|-------------------------|---------------------|
| Rýchlosť | Dráha s ABS | Priemerná dráha s ABS | Dráha bez ABS | Priemerná dráha bez ABS | Predpokladaná dráha |
| [km/h] | [m] | [m] | [m] | [m] | [m] |
| 10 | 2,8 3,1 3 2,9 2,9 | 2,940 | 2,9 3,1 3 2,8 3 | 2,960 | 1,573 |
| 20 | 7 6,9 7,1 7,1 7,2 | 7,060 | 10,6 10,6 10,4 10,5 10,8 | 10,580 | 6,292 |
| 30 | 15 17,3 17,5 17 16,4 | 16,640 | 22,1 21,8 22 21,6 20,9 | 21,680 | 14,158 |
| 40 | 26,5 27,9 26,2 27,4 26,1 | 26,820 | 30,6 29,8 31 30,8 29,7 | 30,380 | 25,170 |
| 50 | 40,2 39,7 39,5 40,2 40,6 | 40,040 | 39,8 39,8 40,3 40,6 40 | 40,100 | 39,327 |
| 60 | 50,3 52,6 52,2 51,5 52,8 | 51,880 | 47,9 46,5 47,4 46,1 47,5 | 47,080 | 56,632 |
| 70 | 71,5 74,4 72,2 71,1 75 | 72,840 | 60,3 61 60,2 62,4 62,9 | 61,360 | 77,082 |

Tab. 8 Namerané hodnoty vozidla Citroën Xsara 1.4i

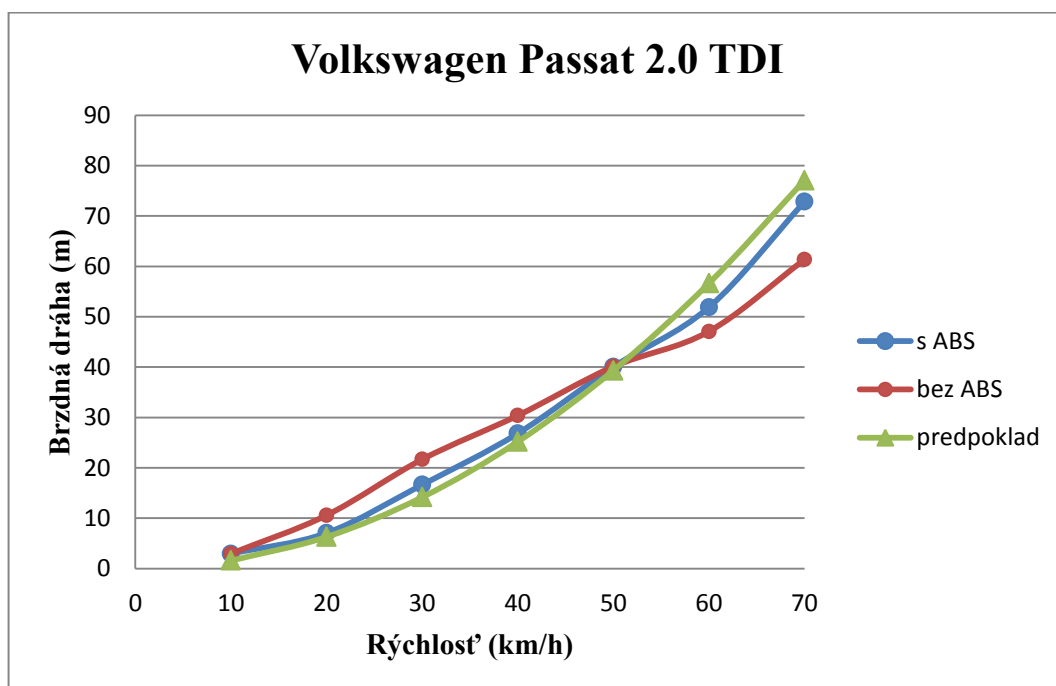
| Citroën Xsara 1.4i | | | | | |
|--------------------|-------------|--------------------------|------------------|-------------------------------|------------------------|
| Rýchlosť | Dráha s ABS | Priemerná dráha s ABS | Dráha bez ABS | Priemerná dráha bez ABS | Predpokladaná dráha |
| [km/h] | [m] | [m] | [m] | [m] | [m] |
| 10 | 3 | 2,980 | 3,1 | 3,020 | 1,573 |
| | 3,1 | | 2,9 | | |
| | 2,9 | | 2,9 | | |
| | 2,9 | | 3 | | |
| | 3 | | 3,2 | | |
| 20 | 8,4 | 8,300 | 10,5 | 10,460 | 6,292 |
| | 8,1 | | 10,2 | | |
| | 8,3 | | 10,8 | | |
| | 8,1 | | 10,1 | | |
| | 8,6 | | 10,7 | | |
| 30 | 18,4 | 19,220 | 21,4 | 21,400 | 14,158 |
| | 20,1 | | 21,7 | | |
| | 19,5 | | 21,4 | | |
| | 20,1 | | 20,9 | | |
| | 18 | | 21,9 | | |
| 40 | 31,5 | 31,020 | 32,4 | 33,100 | 25,170 |
| | 30,8 | | 33,6 | | |
| | 31,4 | | 33,8 | | |
| | 30,2 | | 33,2 | | |
| | 31,2 | | 32,5 | | |
| 50 | 46,3 | 46,100 | 40,9 | 40,400 | 39,327 |
| | 45,9 | | 39,5 | | |
| | 45,4 | | 40,6 | | |
| | 46,7 | | 41,2 | | |
| | 46,2 | | 39,8 | | |
| 60 | 58,5 | 59,060 | 56,6 | 56,980 | 56,632 |
| | 59,8 | | 57,8 | | |
| | 59,1 | | 56,4 | | |
| | 58,3 | | 56,2 | | |
| | 59,6 | | 57,9 | | |
| 70 | 80,2 | 81,020 | 74,2 | 75,660 | 77,082 |
| | 83,3 | | 75,7 | | |
| | 81,1 | | 77,1 | | |
| | 80,4 | | 76,9 | | |
| | 80,1 | | 74,4 | | |

7.7 Grafické znázornenie výsledkov

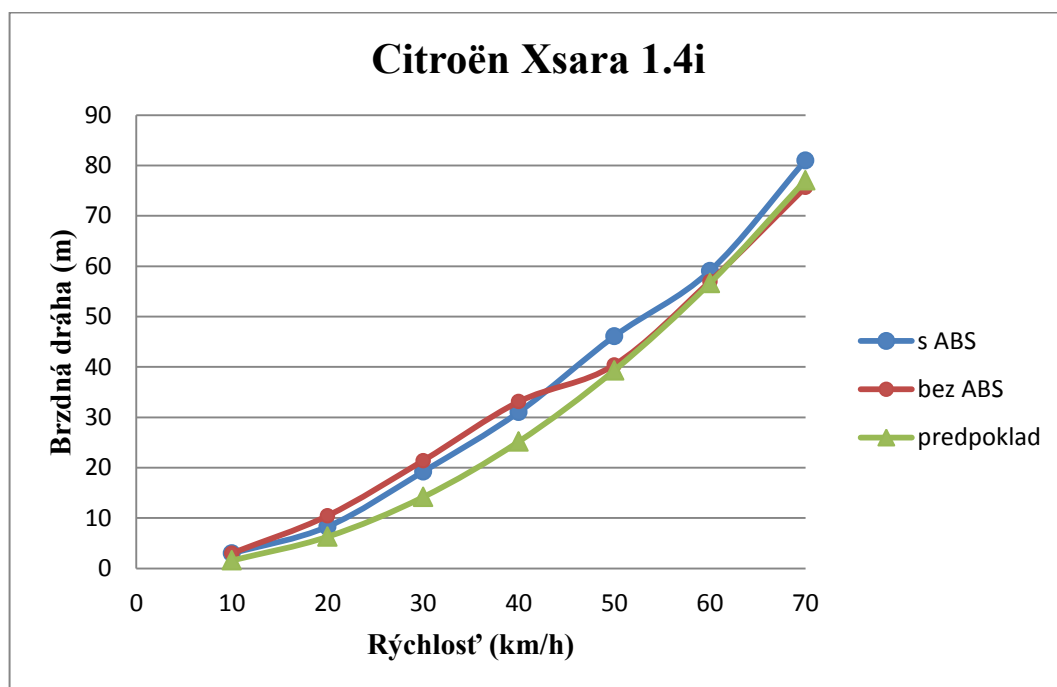
V nasledujúcej kapitole som z nameraných hodnôt vytvoril grafické znázornenie závislosti brzdnéj dráhy od počiatočnej rýchlosti. Pre každý automobil som skonštruoval graf, v ktorom je znázornená priemerná brzdná dráha s použitím ABS, bez použitia ABS, ale aj predpokladaná brzdná dráha.



Obr. 9 Závislosť dĺžky brzdnéj dráhy na rýchlosti vozidla Citroën Xantia 1.8i

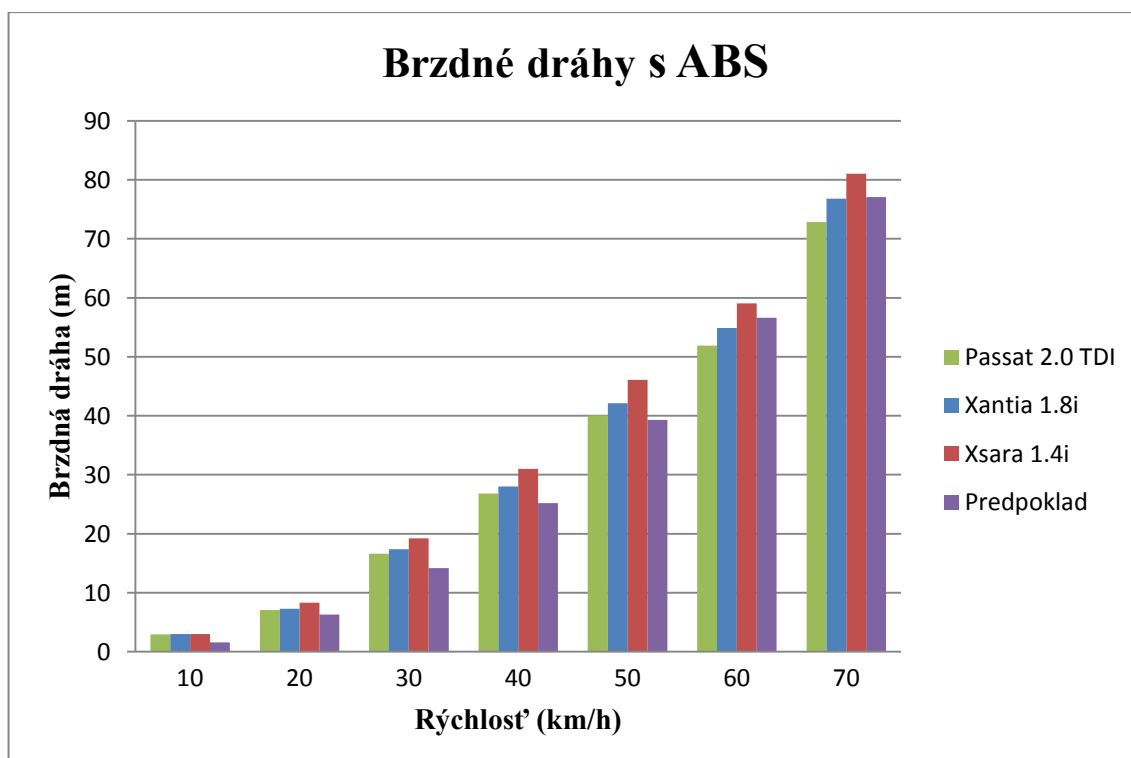


Obr. 10 Závislosť dĺžky brzdnéj dráhy na rýchlosti vozidla
Volkswagen Passat 2.0 TDI

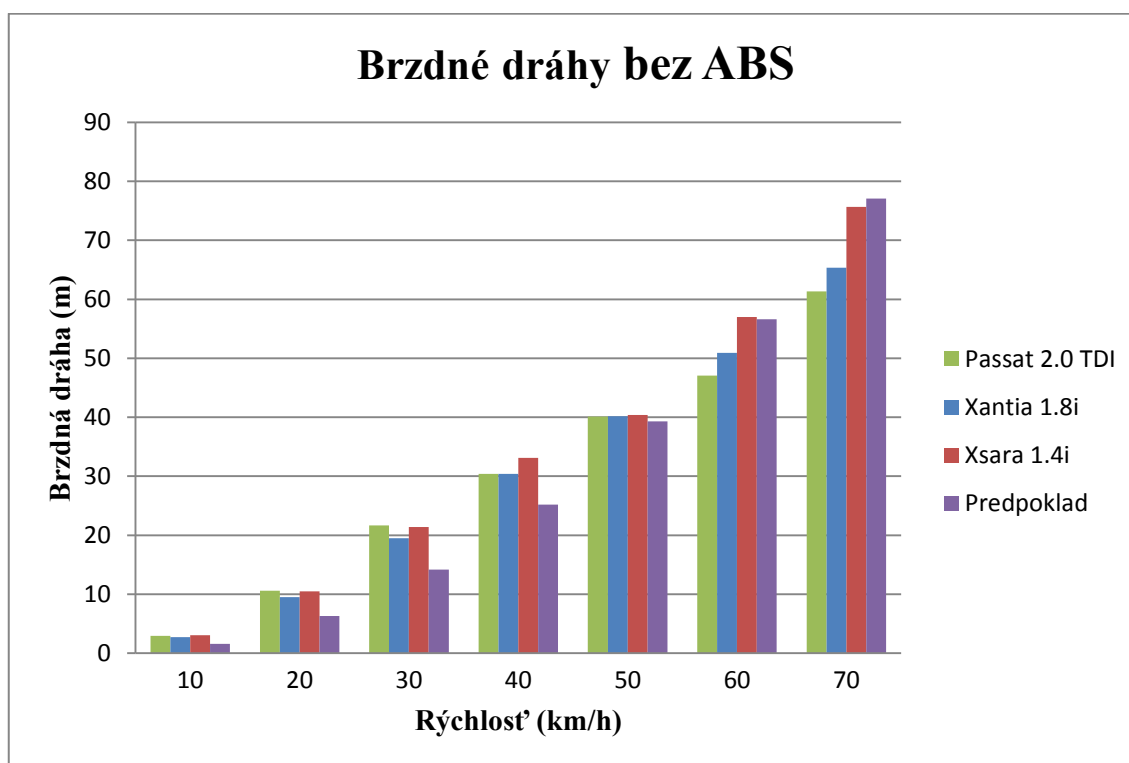


Obr. 11 Závislosť dĺžky brzdnnej dráhy na rýchlosti vozidla Citroën Xsara 1.4i

V nasledujúcich dvoch grafoch zobrazujem priemerné brzdné dráhy všetkých troch automobilov a to v prípade vypnutého ABS a zapnutého ABS. V grafoch taktiež uvádzam aj predpokladanú brzdnú dráhu.



Obr. 12 Závislosť dĺžky brzdnnej dráhy na rýchlosti s použitím ABS



Obr. 13 Závislosť dĺžky brzdnéj dráhy na rýchlosti bez použitia ABS

8 Vyhodnotenie experimentu

Namerané hodnoty jednotlivých automobilov boli zapísané do vopred pripravených tabuliek. Z týchto hodnôt boli pomocou aritmetického priemeru vypočítané priemerné hodnoty pre jednotlivé rýchlosti. Z priemerných brzdných dráh som pre každý automobil zostavil grafické znázornenie závislosti počiatočnej rýchlosti na dĺžke brzdnéj dráhy. A to v prípade zapnutého aj vypnutého systému ABS.

U vozidla Citroën Xantia je priebeh brzdnéj dráhy bez použitia ABS najlineárnejší. Do rýchlosti 40 km/h je brzdná dráha vozidla s použitím ABS kratšia ako brzdná dráha bez použitia ABS. Pri rýchlosti vyššej ako 40 km/h sa brzdná dráha začína s použitím ABS prudko predlžovať. A pri rýchlosti 70 km/h je brzdná dráha s použitím ABS dlhšia o 11,48 metra. To predstavuje nárast brzdnéj dráhy o 17,6%.

Priebeh brzdnéj dráhy do rýchlosti 40 km/h u vozidla Volkswagen Passat je podobný, ako u vozidla Citroën Xantia. A brzdná dráha je s použitím ABS kratšia ako brzdná dráha bez použitia ABS. Pri rýchlosti 50 km/h sa dĺžky brzdných dráh vyrovnajú. Pri rýchlosti

vyššej ako 50 km/h sa brzdná dráha začína s použitím ABS predlžovať. Pri rýchlosti 60 km/h je brzdná dráha s použitím ABS dlhšia o 4,8 metra. To predstavuje nárast brzdnéj dráhy o 10,195%. A pri rýchlosti 70 km/h je brzdná dráha s použitím ABS dlhšia o 11,48 metra. To predstavuje nárast brzdnéj dráhy o 18,709%.

U vozidla Citroën Xsara je brzdná dráha do rýchlosti 40 km/h s použitím ABS kratšia, ako brzdná dráha bez použitia ABS. Pri rýchlosti 50 km/h nastáva zmena trendu a brzdná dráha sa začína s použitím ABS predlžovať. Pri rýchlosti 70 km/h je brzdná dráha s použitím ABS dlhšia o 5,36 metra. To predstavuje nárast brzdnéj dráhy o 7,084%.

Predpokladané poradie vozidiel vzhľadom k celkovej brzdnéj dráhe sa nepotvrdilo. Celkovú brzdnú dráhu má najkratšiu vozidlo Volkswagen Passat, ako druhé Citroën Xantia a posledné Citroën Xsara.

Pri druhom predpoklade nastáva situácia, kedy všetky vozidlá s použitím ABS do rýchlosti 40 km/h majú kratšiu brzdnú dráhu ako bez použitia ABS. Ale pri rýchlostiach nad 50 km/h je brzdná dráha s použitím ABS dlhšia.

Odhad súčiniteľa adhézie a tým aj odhad predpokladanej brzdnéj dráhy bol správny a všetky tri vozidlá sa k tejto brzdnéj dráhe značne blížila. K predpokladanej brzdnéj dráhe sa najviac priblíži vozidlo Citroën Xantia s použitím systému ABS.

Meranie je len orientačné a vykazuje určité problémy presnosti. Nebolo nutné počítať s reakčnou dobou vodiča, pretože začiatok brzdenia bol pevne stanovený na konkrétne miesto. Toto miesto však vykazuje najväčšiu chybu merania, keďže nebolo vždy dodržané presné miesto začiatku brzdenia. Ďalšie chyby merania spôsobujú aj: nepresné stanovenie počiatkovej rýchlosti, oneskorenie nábehu brzdy, stav a teplota brzdových kotúčov a platničiek, stav pneumatík, nepresnosť meracieho prístroja, zaokrúhľovanie nameraných hodnôt, poveternostné vplyvy a množstvo ďalších faktorov. Tieto nepresnosti merania som sa snažil čo najviac eliminovať a to hlavne využitím viacnásobného merania.

9 Záver a odporúčanie

V tejto bakalárskej práci som sa zaoberal zisťovaním a porovnávaním brzdných dráh pri prudkom (panickom) brzdení troch rôznych automobilov. Všetky vozidlá som testoval so zapnutým aj vypnutým systémom ABS. Namerané hodnoty som znázornil aj graficky a porovnal som jednotlivé výsledky. U všetkých vozidiel je brzdná dráha s použitím ABS do rýchlosti 40 km/h kratšia ako brzdná dráha bez použitia ABS. Ale pri rýchlostiach nad 50 km/h je brzdná dráha s použitím ABS dlhšia.

Vzhľadom k tomu, že zlý technický stav bŕzd môže zapríčiniť ich zlyhanie a tým spôsobiť vážnu dopravnú nehodu, odporúčam častejšie kontrolovanie bŕzd a brzdovej sústavy. Ako v prípade vozidla Citroën Xantia, ktoré nevykazovalo známky nedostatočnej brzdnej sily, ale pri technickej kontrole bolo zistené nadmerné opotrebovanie brzdových platničiek.

Taktiež odporúčam používať systém ABS aj napriek tomu, že vozidlá síce mali pri meraní z vyšších rýchlosti dlhšiu brzdnú dráhu, ale ako sa ukázalo počas merania, najväčšou výhodou je možnosť manévrovať počas brzdenia a tým aj možnosť vyhnúť sa prekážke.

Prehľad použitej literatúry

- [1] MATEJKA, R. *Vozidla silniční dopravy I.*, Bratislava: 1990, ISBN 80-05-00392-7
- [2] VLK, F. *Teorie vozidel*, Praha: Nakladatelství technické literatury - SNTL, 1982
- [3] HEŘMÁNEK, M., HLINĚNÝ, F. *Motorová vozidla*, Učebnice pro SZTŠ: 1978
- [4] BEDROŠ, J., BEDNÁREK, K. *Diagnostika silničních motorových vozidel*, Nakladatelství dopravy a spojů, Praha: 1985
- [5] MIKLEŠ, M., KUČERA, M., MIKLEŠ, J. *Cestné motorové vozidlá*, Zvolen: 2007, ISBN 978-80-228- 1716-5
- [6] VLK, F. *Motorová vozidla I*, Brno: VUT Brno: 1989, ISBN 80-214-0038-2
- [7] KOCIÁN, K. *Brzdy a brzdové ústrojí u osobních automobilů*: Bakalárska práca. Praha: ČVUT - Fakulta dopravní, 2010, 61s. 3 přílohy
- [8] OSLADIL, M. *Provozní hodnocení brzd automobilů*: Bakalárska práca. Ostrava: VŠB – TUO Fakulta strojní, 2009, 39s.
- [9] EHK/OSN Predpis č. 13-H, Jednotné ustanovenia pre homologizáciu osobných automobilov z hľadiska brzdenia.
- [10] SKOPAL, L. *Asistenční systémy – protiblokovací systém ABS*: Diplomová práca. VŠB – TUO Mechatronika, 2012, 64s.

Použité internetové zdroje

- [11] <http://www.brzdnevlis.wz.cz/>
- [12] <http://kds.vsb.cz/mhd/konstrukce-brzdy.htm>
- [13] <http://www.autorubik.sk/technika/brzdna-draha/>
- [14] <http://www.autorubik.sk/technika/brzdna-draha/>
- [15] <http://cs.wikipedia.org/wiki/Brzda>
- [16] <http://www.autorubik.sk/technika/brzdy-a-brzdovy-system-automobilu/>
- [17] http://cs.wikipedia.org/wiki/Motorov%C3%A1_brzda
- [18] <http://cs.autolexicon.net/articles/abs-anti-lock-braking-system/>
- [19] <http://cs.wikipedia.org/wiki/ABS>

Pod'akovanie

Pod'akovanie patrí predovšetkým mojim rodičom, ktorí mi poskytli zázemie a podporu pri štúdiu na vysokej škole a taktiež zapožičali vozidlá pre účely experimentu.

Pod'akovanie patrí aj Ing. Michalovi Richtárovi za vedenie pri tvorbe bakalárskej práce, za ochotu a cenné pripomienky pri jej vypracovaní.